



TUGAS AKHIR RC14-1501

**ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG MENGGUNAKAN METODE KONVENSIONAL DAN
METODE P-Y CURVE PADA LAPISAN TANAH LUNAK DENGAN
KETEBALAN MENENGAH , STUDY KASUS: KOTA SURABAYA
DENGAN KEDALAMAN TANAH KERAS PADA 20 METER**

BOBBY KURNIAWAN

3111 100 130

Dosen Pembimbing :

Prof. Ir.INDRASURYA B. MOCHTAR, M.Sc., Ph.D

Dr. YUDHI LASTIASIH,ST.,MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015



TUGAS AKHIR RC14-1501

**ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG MENGGUNAKAN METODE KONVENSIONAL DAN
METODE P-Y CURVE PADA LAPISAN TANAH LUNAK DENGAN
KETEBALAN MENENGAH , STUDY KASUS: KOTA SURABAYA
DENGAN KEDALAMAN TANAH KERAS PADA 20 METER**

**BOBBY KURNIAWAN
3111100130**

**Dosen Pembimbing :
Prof. Ir.INDRASURYA B. MOCHTAR, M.Sc., Ph.D
Dr. YUDHI LASTIASIH,ST.,MT**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT RC14-1501

**ANALISYS OF COMPARISON FOUNDATION DESIGN PILE WITH
CONVENTIONAL METHOD AND P-Y CURVE METHOD ON SOFT
SOIL LAYER WITH MEDIUM THICKNESS, STUDY CASE:
SURABAYA WITH SOIL DEPTH 20 METER**

**BOBBY KURNIAWAN
3111100130**

Academic Supervisor :
Indrasurya B. Mochtar, Prof., Ir., MSc., PhD
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT

**CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Design
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**

**ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN
PONDASI TIANG PANCANG MENGGUNAKAN
METODE KONVENSIIONAL DAN METODE P-Y
CURVE PADA LAPISAN TANAH LUNAK DENGAN
KETEBALAN MENENGAH, STUDY KASUS: KOTA
SURABAYA DENGAN KEDALAMAN TANAH KERAS
PADA 20 METER**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

BOBBY KURNIAWAN
NRP. 3111 100 130

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Indrasurya B. Mochtar

1. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.....(Pembimbing I)

Yudhi Lastiasih

2. Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.....(Pembimbing II)

**SURABAYA
JUNI, 2015**

**ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI
TIANG PANCANG MENGGUNAKAN METODE
KONVENSIONAL DAN METODE P-Y CURVE PADA
LAPISAN TANAH LUNAK KETEBALAN MENENGAH:
STUDI KASUS KOTA SURABAYA DENGAN KEDALAMAN
TANAH KERAS
-20 METER**

Nama Mahasiswa : Bobby Kurniawan
NRP : 3111100130
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D.
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

Pada beberapa kasus pendesainan pondasi di atas tanah lunak, penggunaan pondasi tiang pancang menjadi salah satu pertimbangan yang dipilih. Namun, penggunaan jenis pondasi tersebut relatif sangat mahal jika dibandingkan dengan biaya pembangunan struktur gedung itu sendiri khususnya apabila kedalaman lapisan keras pada tanah dasar relatif dalam. Apabila gedung tersebut merupakan sebuah gedung tinggi, maka pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang mencapai tanah keras, maka biayanya akan lebih mahal lagi. Pada studi ini, dilakukan analisa terhadap struktur gedung secara simetris 3 dimensi setinggi 4 dan 6 lantai yang dibangun di atas tanah lunak Surabaya dengan kedalaman tanah keras mencapai 20 meter menggunakan pondasi dalam tiang pancang. Beberapa masalah yang harus dipecahkan adalah :a) Bagaimana hasil pondasi tiang pancang yang dibutuhkan pada perhitungan dengan metode konvensional dan p-y curve pada tumpuan end bearing dan friction. b) Bagaimana pengaruh pondasi tiang pancang metode konvensional dan p-y curve pada tumpuan end bearing dan friction terhadap struktur atas gedung. c) Bagaimana hasil perbedaan nilai biaya bahan yang dikeluarkan dari masing-masing metode dan tumpuan. Hasil dari studi ini didapatkan suatu kesimpulan bahwa

perencanaan struktur bangunan gedung yang paling hemat yaitu menggunakan metode p-y curve dengan P_{ijin} sebesar 0,9 ultimate tumpuan end bearing.

Kata kunci : tanah lunak, pondasi dalam, pondasi end bearing, pondasi friction, metode konvensional, metode p-y curve, beban vertikal, settlement, pemodelan analisa struktur

COMPARATIVE ANALYSIS OF PILE FOUNDATION DESIGN USING CONVENTIONAL METHODS AND P-Y CURVE METHODS IN THICK LAYER OF SOFT GROUND: A CASE STUDY SURABAYA SOIL -20 METER DEPTH

Nama Mahasiswa : Bobby Kurniawan
NRP : 3111100130
Department : Civil Engineering
Supervisor 1 : Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D.
Supervisor 2 : Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

In some cases designing foundations on soft soil, the use of pile foundation became one of the considerations is selected. However, the use of the type of foundation is relatively very expensive when compared to the cost of construction of the building structure itself, especially when the depth of the hard layer on a relative basis in the soil. If the building is a tall building, the foundation used is a pile foundation reach hard ground, then the cost will be more expensive. In this study, an analysis of the structure of the building is symmetrical 3-dimensional high as 4 and 6 floors are built on soft ground Surabaya hard soil to a depth of 20 meters deep using deep foundation piles. Some of the problems to be solved are: a) How do the results of pile foundation is needed in the calculation by the conventional method and py curve at the end pedestal bearing and friction. b) How does the influence of pile foundation conventional method and p-y curve at the end pedestal bearing and friction of the upper structure of the building. c) How do the results of differences in material costs incurred value of each method and the pedestal. Results from this study obtained a conclusion that the structural design of the building is the most economical method with P_{ijin} py curve of 0.9 ultimate end bearing pedestal.

Keywords: *soft soil, deep foundation, end bearing pile, friction pile, conventional method, p-y curve method, vertical load, settlement, modeling structural analysis*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur kiranya yang pantas penyusun sampaikan kepada Allah SWT karena berkat rahmat, taufiq dan hidayah-Nya penyusun dapat menyelesaikan Tugas akhir ini yang berjudul “ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG MENGGUNAKAN METODE KONVENSIIONAL DAN METODE P-Y CURVE PADA LAPISAN TANAH LUNAK DENGAN KETEBALAN MENENGAH , STUDY KASUS: KOTA SURABAYA DENGAN KEDALAMAN TANAH KERAS PADA 20 METER”.

Tugas akhir ini diajukan sebagai persyaratan gelar kesarjanaan jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berharap tugas akhir ini dapat berguna bagi semua pihak dalam pengaplikasian ilmu dan teknologi dalam masyarakat. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu segala saran dan masukan tentang penulisan tugas akhir ini sangat diharapkan.

Penyusunan Tugas Akhir ini juga tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah banyak membantu terselesaikannya tugas akhir ini. Pada kesempatan ini penyusun tidak lupa mengucapkan terima kasih dan rasa hormat kepada pihak-pihak yang telah membantu, khususnya antara lain: :

1. Kedua Orang tua dan saudara yang telah memberikan doa dan dukungan dalam berbagai hal untuk terselesaikannya proposal tugas akhir ini.
2. Budi Suswanto., S.T., M.T Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP - ITS Surabaya
3. Prof. Ir. Indrasurya Budisatria Mochtar, MSc. PhD, dan Dr. Yudhi Lastiasih ST.,MT. Sebagai dosen Pembimbing Tugas akhir yang dengan sabar mencurahkan tenaga dan waktu dalam membimbing hingga terselesaikanya proposal tugas akhir ini.

4. Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD, Dr.Ir.Ria Asih Aryani Soemitro, Putu Tantri, ST, MT , Prof. Herman Wahyudi dan seluruh dosen geoteknik Jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang dimiliki dan membukakan wawasan pengetahuan tentang geoteknik.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil FTSP - ITS Surabaya yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang dimilikinya.
6. Segenap karyawan di lingkungan Teknik Sipil FTSP - ITS yang telah membantu segala aktifitas pendidikan kami.
7. Tim Bunga, Esport, badminton Jago, GoF dan Kabinet Lali omah yang menemani saya selama berada di Sipil.
8. Seluruh punggawa kerajaan Bumi yang telah menemani dn membantu menyelesaikan proposal ini bersama sama
9. Teman-teman seperjuangan angkatan 2011 yang telah memberi dukungan dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Serta memberikan warna,tawa dan keceriaan dalam kegiatan-kegiatan bersama untuk menghilangkan kepenatan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Walaupun jauh dari sempurna harapan saya semoga proposal tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi rekan-rekan sedisiplin ilmu khususnya dan ilmu pengetahuan pada umumnya.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
<i>Title Page</i>	ii
Lembar Pengesahan.....	iii
Abstrak	v
Abstract	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xvii
Daftar Tabel	xix
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Penentuan Parameter Tanah	5
2.1.1 Penentuan nilai k dan E_{50}	5
2.2 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang	5
2.2.1 Daya Dukung Tiang Pancang pada Ujung Tiang.....	6
2.2.2 Daya Dukung Tiang Pancang pada Selimut Tiang.....	7
2.2.3 Daya Dukung Ijin (Q_{allow}).....	8
2.3 Daya Dukung Grup Tiang Pancang.....	8
2.4 Penurunan (<i>Settlement</i>).....	10
2.5 P-y curve	11
2.5.1 Kurva Daya Dukung Total, Daya Dukung Selimut dan Ujung Tiang Pancang vs Penurunan pada Kondisi <i>Short-Term</i>	13

2.5.2 Kurva Daya Dukung Total, Daya Dukung Selimut dan Ujung Tiang Pancang vs Penurunan pada Kondisi <i>Long-Term</i>	14
2.5.3 Penurunan Konsolidasi Tanah.....	15
2.5.4 Kontrol Differential Settlements	18
2.6 Perhitungan Struktur.....	19
2.6.1 Kontrol Retak	19
2.6.2 Dimensi Pelat	19
2.6.3 Dimensi Balok.....	22
2.6.4 Dimensi Kolom	23
2.6.5 Penulangan Balok dan Kolom.....	24
 BAB III METODOLOGI	 25
3.1 Diagram Alir.....	25
3.2 Pengumpulan dan Analisa Data Sekunder Tanah.....	28
3.3 Penentuan Bentuk Awal Dimensi Struktur Gedung	29
3.4 Perhitungan Berat Gedung dan Asumsi Pembebanannya	31
3.5 Studi Literatur.....	31
3.6 Perhitungan Daya Dukung Tanah Satu Tiang Pancang.....	32
3.7 Perencanaan Penggunaan Pondasi Tiang Pancang <i>End Bearing</i>	32
3.7.1 Cara Konvensional.....	32
3.7.2 Cara Kurva P-y	33
3.8 Perencanaan Penggunaan Pondasi Tiang Pancang Friction	33
3.8.1 Cara Konvensional.....	33
3.8.2 Cara Kurva P-y	34
3.9 Perencanaan Jumlah Tiang Pancang dalam Satu Grup.....	34
3.10 Penentuan Koefisien Pegas (k) Tiang Pancang	34
3.11 Perhitungan Momen dan Gaya pada Struktur Gedung.....	34
3.12 Cek Lebar Retak pada Balok dan Kolom	35
3.13 Menentukan Dimensi Balok dan Kolom yang Baru.....	35
3.14 Cek Gaya yang Bekerja pada Pondasi	35
3.15 Cek Ekonomis Biaya Bahan Struktur dan Pondasi.....	35

3.16 Perbandingan Hasil Perhitungan Tiang Pancang Kedalaman 35 m dan 20 m.....	36
3.17 Kesimpulan dan Saran.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 PRELIMINARY DESAIN STRUKTUR ATAS.....	37
4.1.1 Data Perencanaan.....	37
4.1.2 Pembebanan	37
4.1.3 Perencanaan Balok.....	38
4.1.4 Perencanaan Tebal Pelat	40
4.1.4.1 Peraturan Perencanaan Pelat.....	40
4.1.4.2 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai	42
4.1.4.3 Perhitungan Lebar Efektif Pelat	42
4.1.4.4 Perhitungan Pelat Atap	44
4.1.5 Perencanaan Kolom	44
4.2 HASIL PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH.....	46
4.2.1 Daya dukung Pondasi dengan P-Y curve.....	46
4.2.2 Hasil Perhitungan Jumlah Tiang Pancang pada Tiap Perletakan dengan Metode Konvensional dan metode p-y curve.....	49
4.2.3 Hasil Perhitungan Perbandingan Nilai Jumlah Tulangan, Lebar Retak, dan Defleksi yang Terjadi pada Balok Struktur Gedung	51
4.2.3.1 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan.....	52
4.2.3.1.1 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	52
4.2.3.1.2 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	54
4.2.3.1.3 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	56
4.2.3.2 Hasil Perhitungan Lebar Retak pada Balok	59
4.2.3.2.1 Perbandingan Lebar Retak pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	59
4.2.3.2.2 Perbandingan Lebar Retak pada	

Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	61
4.2.3.2.3 Perbandingan Lebar Retak pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	63
4.2.3.3 Hasil Defleksi Balok Metode <i>p-y curve</i>	65
4.2.3.3.1 Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	66
4.2.3.3.2 Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	68
4.2.3.3.3 Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	70
4.2.3.3.4 Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>Friction</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	71
4.2.3.3.5 Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>Friction</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	73
4.2.3.3.6 Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>Friction</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	74
4.3 PEMBESARAN DIMENSI BALOK MENJADI 60 cm x 90 cm	76
4.3.1 Jumlah Tiang Pancang yang Dibutuhkan	76
4.3.2 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan	77
4.3.2.1 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	78
4.3.2.2 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	80
4.3.2.3 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	82
4.3.3 Hasil Pengecekan Lebar Retak	84
4.3.3.1 Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	84

4.3.3.2 Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	86
4.3.3.3 Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	88
4.3.4 Hasil Pengecekan Defleksi Balok	90
4.3.4.1 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	90
4.3.4.2 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	91
4.3.4.3 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	92
4.3.4.4 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>Friction</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	93
4.3.4.5 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>Friction</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	94
4.3.4.6 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan <i>Friction</i> pada Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	95
4.3.5 Hasil Perhitungan Penurunan Tanah pada Metode <i>p-y curve</i>	96
4.3.5.1 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm Kedalaman 21 meter <i>End Bearing Pile</i> dengan P_{ijin} 0,3 <i>ultimate</i>	97
4.3.5.2 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm Kedalaman 21 meter <i>End Bearing Pile</i> dengan P_{ijin} 0,6 <i>ultimate</i>	98
4.3.5.3 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm Kedalaman 21 meter <i>End Bearing Pile</i> dengan P_{ijin} 0,9 <i>ultimate</i> ..	100

4.3.5.4 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm Kedalaman 17,5 meter <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$	101
4.3.5.5 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm Kedalaman 36 meter <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$	103
4.3.5.6 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm Kedalaman 36 meter <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$	104
4.4 RENCANA ANGGARAN BIAYA	106
4.4.1 End Bearing Konvensional.....	107
4.4.2 Friction Konvensional	108
4.4.3 <i>End Bearing p-y curve 0,3 ultimate</i>	109
4.4.4 End Bearing p-y curve 0,6 ultimate.....	110
4.4.5 End Bearing p-y curve 0,9 ultimate.....	111
4.4.6 Friction p-y curve 0,3 ultimate	112
4.4.7 Friction p-y curve 0,6 ultimate	113
4.4.8 Friction p-y curve 0,9 ultimate	114
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	117
5.1 Kesimpulan	117
5.2 Saran.....	118

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

2.1 Nilai <i>Modulus of Subgrade Reaction (k)</i> dan <i>Soil Strain</i> <i>E₅₀</i> vs NSPT untuk Tanah Lempung (Lymon C. Reese).....	5
2.2 Faktor Daya Dukung untuk Tanah Pasir, <i>N_q</i>	6
2.3 Faktor Daya Dukung untuk Tanah Kohesi.....	7
2.4 Nilai <i>C_p</i> untuk Analisa Penurunan.....	11
2.5 <i>Differential Settlements</i>	18
2.6 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior	21
4.1 Beban yang Diterima Kolom.....	45
4.2 Jumlah Tiang yang Dibutuhkan	50
4.3 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan <i>p-y curve</i> dengan <i>P_{ijin}</i> sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	52
4.4 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan <i>p-y curve</i> dengan <i>P_{ijin}</i> sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	55
4.5 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan <i>p-y curve</i> dengan <i>P_{ijin}</i> sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	57
4.6 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan <i>p-</i> <i>y curve</i> dengan <i>P_{ijin}</i> sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	60
4.7 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan <i>p-</i> <i>y curve</i> dengan <i>P_{ijin}</i> sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	62
4.8 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan <i>p-</i> <i>y curve</i> dengan <i>P_{ijin}</i> sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	64
4.9 <i>Differential Settlement</i> Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y</i> <i>curve</i> dengan <i>P_{ijin}</i> sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	67
4.10 Defleksi Balok dengan Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y</i> <i>curve</i> dengan <i>P_{ijin}</i> sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	67
4.11 <i>Differential Settlement</i> Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y</i> <i>curve</i> dengan <i>P_{ijin}</i> sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	68
4.12 Defleksi Balok dengan Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y</i> <i>curve</i> dengan <i>P_{ijin}</i> sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	69

4.13 <i>Differential Settlement</i> Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	70
4.14 Defleksi Balok dengan Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	70
4.15 <i>Differential Settlement</i> Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	71
4.16 Defleksi Balok dengan Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	72
4.17 <i>Differential Settlement</i> Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	73
4.18 Defleksi Balok dengan Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	73
4.19 <i>Differential Settlement</i> Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	74
4.20 Defleksi Balok dengan Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	75
4.21 Jumlah Tiang yang Dibutuhkan Setelah Pembesaran Dimensi Balok Menjadi 60 cm x 90 cm	77
4.22 Perbandingan Jumlah Tulangan Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i> Setelah Pembesaran Dimensi Balok....	78
4.23 Perbandingan Jumlah Tulangan Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i> Setelah Pembesaran Dimensi Balok....	80
4.24 Perbandingan Jumlah Tulangan Metode <i>p-y curve</i> P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i> Setelah Pembesaran Dimensi Balok....	82
4.25 Lebar Retak Balok Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i> Setelah Pembesaran Dimensi Balok	84
4.26 Lebar Retak Balok Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i> Setelah Pembesaran Dimensi Balok	86
4.27 Lebar Retak Balok Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i> Setelah Pembesaran Dimensi Balok	88
4.28 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	90

4.29 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	91
4.30 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	92
4.31 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,3 <i>ultimate</i>	93
4.32 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,6 <i>ultimate</i>	94
4.33 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> dengan P_{ijin} sebesar 0,9 <i>ultimate</i>	95
4.34 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode Konvensional.....	107
4.35 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>Friction</i> Metode Konvensional.....	108
4.36 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> 0,3 <i>ultimate</i>	109
4.37 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> 0,6 <i>ultimate</i>	110
4.38 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>End Bearing</i> Metode <i>p-y curve</i> 0,9 <i>ultimate</i>	111
4.39 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> 0,3 <i>ultimate</i>	112
4.40 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> 0,6 <i>ultimate</i>	113
4.41 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan <i>Friction</i> Metode <i>p-y curve</i> 0,9 <i>ultimate</i>	114

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

2.1 Rasio Adhesi.....	8
2.2 Grup Tiang Pancang untuk Analisis Vertikal	9
2.3 Kurva Hubungan Beban Vertikal dan Penurunan Akibat Selimut Tiang Pancang pada Tanah Kohesi (Reese dan O'Neill, 1989)	12
2.4 Kurva Hubungan Beban Vertikal dan Penurunan Akibat Ujung Tiang Pancang pada Tanah Kohesi (Reese dan O'Neill, 1989)	13
2.5 Total Daya Dukung, Daya Dukung Selimut Tiang dan Daya Dukung Ujung Tiang vs. Penurunan	14
2.6 Nilai be pada Balok Tengah	19
2.7 Nilai be pada balok tepi.....	20
3.1 Diagram Alir.....	25
3.2 Bagan Plastisitas.....	29
3.3 Lokasi Kolom yang Ditinjau	30
3.4 Tampak Depan Struktur Gedung.....	30
3.5 Tampak Samping Struktur Gedung.....	31
4.1 Grafik $Q_{ultimate}$ <i>End Bearing</i> Satu Tiang Pancang.....	47
4.2 Grafik $Q_{ultimate}$ <i>Friction</i> Satu Tiang Pancang.....	48
4.3 Struktur Gedung Tampak 3 Dimensi.....	49
4.4 Titik Perletakan Gedung.....	49
4.5 Letak Balok-Balok Gedung yang Ditinjau	51
4.6 Letak Balok-Balok Gedung yang Ditinjau dengan Persyaratan yang Ada.....	66
4.7 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$	97
4.8 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$	98
4.9 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$	99

4.10 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$	99
4.11 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$	100
4.12 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>End Bearing Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$	101
4.13 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$	101
4.14 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$	102
4.15 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$	103
4.16 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$	104
4.17 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$	105
4.18 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan <i>Friction Pile</i> dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$	105

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah yang ada di Indonesia sangat bervariasi, mulai dari tanah yang sangat lunak, sedang, maupun tanah keras dengan kedalaman yang bervariasi pula. Hal ini membuat perencanaan untuk pondasi di Indonesia harus direncanakan dengan tepat berdasarkan keadaan tanah yang ada.

Untuk mengatasi permasalahan pada tanah lunak yang dalam, umumnya perencana menggunakan pondasi tiang pancang *end bearing* dengan metode konvensional dalam perencanaan konstruksi pondasi pada suatu gedung karena tidak mungkin menggunakan pondasi dangkal sebab penurunan tanah (*settlement*) yang besar.

Para perencana sering merencanakan struktur dengan perletakan jepit di atas pondasinya, padahal pada kenyataannya kondisi jepit hampir tidak mungkin karena tanah mengalami *settlement*. Kondisi tersebut menyebabkan penggunaan tiang pancang yang tidak ekonomis karena menggunakan tiang pancang yang dalam untuk mencapai tanah keras yaitu pada kedalaman lebih dari 20 m. Untuk itu perlu dilakukan alternatif penghitungan pondasi lain yaitu dengan pondasi tiang pancang yang menggunakan *skin friction (friction pile)* dengan metode *p-y curve*. Pada pondasi tiang pancang metode *p-y curve*, pondasi tidak terletak di atas tanah keras oleh karena itu tidak hanya daya dukung namun *settlement* juga harus diperhitungkan akibat beban struktur atas. Jadi akibat adanya *settlement* maka momen yang ada pada struktur atas juga berubah sehingga dimensi kolom dan balok juga harus diperhitungkan kembali agar struktur tidak mengalami retak.

Dari alternatif tersebut akan dibandingkan biaya bahan pondasi tiang pancang dengan perhitungan menggunakan metode konvensional dan metode *p-y curve*. Selain itu juga dibandingkan

biaya bahan dimensi kolom dan balok dari struktur atas pondasi tiang pancang metode konvensional dengan dimensi kolom dan balok struktur atas pondasi tiang pancang metode *p-y curve*. Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan perencanaan pondasi tiang pancang yang paling ekonomis.

1.2 Perumusan Masalah

- Bagaimana hasil perhitungan jumlah pondasi *end bearing* dengan metode konvensional dan *p-y curve*?
- Bagaimana hasil perhitungan tulangan, retak, dan defleksi balok sistem struktur atas dengan pondasi *end bearing*?
- Bagaimana hasil perhitungan jumlah pondasi *friction* dengan metode konvensional dan *p-y curve*?
- Bagaimana hasil perhitungan tulangan, retak, dan defleksi balok sistem struktur atas dengan pondasi *friction*?
- Bagaimana hasil perhitungan dimensi balok agar tidak mengalami retak dan memenuhi defleksi yang diijinkan?
- Bagaimana perbandingan biaya bahan gedung dengan pondasi *end bearing* dan pondasi *friction*?
- Bagaimana perbandingan perencanaan pondasi tiang pancang pada kedalaman tanah keras bervariasi?

1.3 Tujuan

- Memperoleh hasil jumlah pondasi *end bearing* dengan metode konvensional dan *p-y curve*.
- Mengetahui hasil perhitungan tulangan, retak, dan defleksi balok sistem struktur atas dengan pondasi *end bearing*.
- Memperoleh hasil perhitungan jumlah pondasi *friction* dengan metode konvensional dan *p-y curve*.
- Memperoleh hasil perhitungan tulangan, retak, dan defleksi balok sistem struktur atas dengan pondasi *friction*.
- Menentukan dimensi balok agar tidak mengalami retak dan memenuhi defleksi yang diijinkan.
- Mengetahui perbandingan biaya bahan gedung dengan pondasi *end bearing* dan pondasi *friction*.

- Memperoleh hasil perbandingan perencanaan pondasi tiang pancang pada kedalaman tanah keras bervariasi

1.4 Batasan Masalah

- *Settlement* hanya terjadi pada arah vertikal.
- Tulangan balok pada sistem struktur sebesar ρ_{\min} .
- Biaya metode pelaksanaan tidak diperhitungkan.
- Gedung simetris 3 dimensi dengan 4 dan 6 lantai.
- Creep kelompok diasumsikan sama dengan tunggal

1.5 Manfaat

Perencanaan dalam Tugas Akhir ini dimaksudkan dapat menjadi alternatif perencanaan pondasi dan sistem struktur pembangunan gedung tinggi empat sampai enam lantai di atas tanah lunak dengan tanah keras pada 20 meter seperti di kota Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENENTUAN PARAMETER TANAH

2.1.1 Penentuan Nilai k dan E_{50}

Terdapat dua parameter penting untuk menganalisa lateral tiang pancang. Dua parameter tersebut adalah *modulus of subgrade reaction* (k) dan regangan tanah pada 50% defleksi dalam *p-y curve* (E_{50}). Dalam menentukan nilai k dan E_{50} pada suatu tanah lempung digunakan tabel sebagai berikut :

Tabel 2.1 Nilai *Modulus of Subgrade Reaction (k) dan Soil Strain E_{50}* vs NSPT untuk Tanah Lempung (Lymon C. Reese)

Consistency			Soft	Medium	Stiff	Very Stiff	Hard
	Symbol	Unit					
SPT	NSPT	-	42096	42220	42583	16-32	>32
Shear Strength	Cu	kPa	45627	24-48	48-96	96-192	192-383
		Psf	250-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	>4000
MSR*							
Static Loading	k	kN/m ³	8140	27150	136000	271000	543000
		Pci	30	100	500	1000	2000
Cyclic Loading	k	kN/m ³	-	-	54300	108500	217000
		Pci	-	-	200	400	800
Soil Strain	E_{50}	%	2	1	0.7	0.5	0.4

2.2 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang

Rumus Daya Dukung ini adalah perumusan yang digunakan pada program bantu Allpile.

Untuk menghitung $Q_{ultimate}$ satu tiang pancang, rumus yang digunakan adalah (NAVFAC DM 7.02) :

$$Q_{dw} = Q_{tip} + Q_{side} \quad (2.1)$$

dimana Q_{dw} = daya dukung ultimate
 Q_{tip} = daya dukung ujung tiang
 Q_{side} = daya dukung tanah dari lekatan lateral pada selimut tiang

2.2.1 Daya DukungTiang Pancang pada Ujung Tiang

$$Q_{tip} = A_{tip} \cdot q_{ult} = A_{tip} \cdot (N_q \cdot S_v + N_c) \quad (2.2)$$

dimana A_{tip} = luas ujung tiang
 q_{ult} = ultimate bearing capacity pondasi
 S_v = tekanan vertikal tanah
 N_q = faktor daya dukung untuk tanah pasir
 N_c = faktor daya dukung untuk tanah kohesi

Tabel 2.2 Faktor Daya Dukung untuk Tanah Pasir, N_q

Φ (Internal friction)	N_q (Displacement pile)	N_q (No-Displacement pile)
26	10	5
28	15	8
30	21	10
31	24	12
32	29	14
33	35	17
34	42	21
35	50	25
36	62	30
37	77	38
38	86	43
39	120	60
40	145	72

Tabel 2.3 Faktor Daya Dukung untuk Tanah Kohesi

z/B (Depth/Width)	Nc
0	6.3
1	7.8
2	8.4
3	8.8
4	9
>4	9

2.2.2 Daya Dukung Tiang Pancang dari Lekatan Lateral pada Selimut Tiang

$$Q_{side} = \sum Sf \, P_i \, \Delta l = \sum (f_0 + C_a) \, P_i \, \Delta l \quad (2.3)$$

dimana

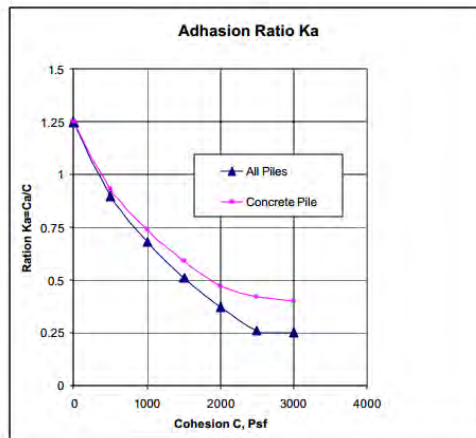
Sf	= daya dukung selimut
f_0	= lekatan pada selimut pada tanah pasir
C_a	= adhesi pada tanah kohesi
P_i	= keliling tiang
Δl	= segmen pada tiang

Adhesi pada tanah kohesi :

$$C_a = K_c \cdot K_a \cdot C \quad (2.4)$$

dimana

C	= shear strength tanah kohesi
K_c	= faktor adhesi (0.1-1)
K_a	= rasio adhesi



Gambar 2.1 Rasio Adhesi

2.2.3 Daya Dukung Ijin (Qallow)

$$Q_{allowd} = \frac{Q_{tip}}{F_{Stip}} + \frac{Q_{side}}{F_{Sside}} \quad (2.5)$$

dimana

Q_{tip} = daya dukung ujung tiang

Q_{side} = daya dukung tanah lekatan lateral pada selimut tiang

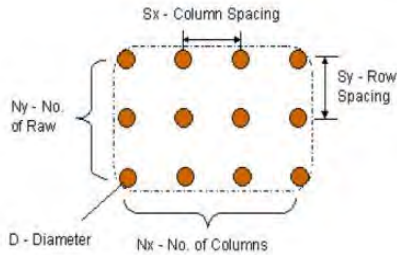
F_{Stip} = safety factor daya dukung ujung tiang

F_{Sside} = safety factor daya dukung tanah lekatan lateral pada selimut tiang

2.3 Daya Dukung Grup Tiang Pancang

Pada umumnya, tiang pancang yang digunakan dalam grup yang ditunjukkan oleh Gambar 2.2 untuk menyalurkan beban

ke tiap tiang pancang. Analisa yang dilakukan dibagi menjadi empat tahapan.



Gambar 2.2 Grup Tiang Pancang untuk Analisis Vertikal

Berikut adalah tahapan analisis daya dukung tiang pancang dalam grup :

1. Menghitung daya dukung satu tiang pancang, Q_{single}
 Q_{single} termasuk daya dukung ujung tiang pancang dan daya dukung selimut tiang pancang.
2. Menghitung daya dukung blok tiang pancang, Q_{block}
 $B_x = (n_x - 1) \cdot S_x + D$ (2.6)
 $B_y = (n_y - 1) \cdot S_y + D$ (2.7)
3. Menghitung efisiensi grup

$$= \frac{Q_{block}}{n \cdot Q_{single}} \quad (2.8)$$

dimana n = total jumlah tiang pancang $n = n_x \cdot n_y$

4. Menentukan daya dukung tiang pancang dalam grup,
 Q_{group}
 Jika ≥ 1 , maka $Q_{group} = n \cdot Q_{single}$ (2.9)
 Jika < 1 , maka $Q_{group} = Q_{block}$ (2.10)

2.4 Settlement

Berdasarkan rekomendasi Vesic (1977), penurunan ujung atas tiang pancang terdiri dari tiga komponen sebagai berikut :

- a. Penurunan akibat deformasi aksial oleh tiang pancang, X_s

$$X_s = \sum (Q_{tip} + Q_{side}) \frac{\Delta l}{A E} \quad (2.11)$$

dimana

Q_{tip}	= daya dukung ujung tiang pancang
Q_{side}	= daya dukung tanah lekatan lateral pada selimut tiang
Δl	= segmen tiang pancang
A'	= luas efektif tiang
E	= modulus elastisitas tiang pancang

- b. Penurunan tiang pancang akibat beban yang diterima ujung tiang, X_{pp}

$$X_{pp} = \frac{C_p Q_t}{B q_{ult}} \quad (2.12)$$

dimana

C_p	= koefisien empiris menurut tipe tanah dan metode konstruksi
Q_t	= daya dukung ujung tiang pancang
B	= diameter tiang pancang
q_{ult}	= daya dukung ultimate tiang pancang

Tabel 2.4 Nilai C_p untuk Analisa Penurunan

Soil Type	Driven Piles	Drilled Piles
Sand	0.03	0.135
Clay	0.025	0.045
Silt	0.04	0.105

- c. Penurunan tiang pancang akibat beban yang diterima seluruh selimut tiang, X_{ps}

$$X_{ps} = \frac{C_s Q_s}{L_e q_{ult}} \quad (2.13)$$

dimana L_e = panjang tiang pancang yang tertanam
 q_{ult} = daya dukung ultimate tiang pancang
 Q_s = daya dukung tanah lekatan lateral pada selimut tiang

$$C_s = \left(0.93 + 0.16 \sqrt{\frac{z}{B}} \right) C_p$$

Dimana z/B = kedalaman / lebar tiang pancang

Total penurunan satu tiang pancang, X_{total}

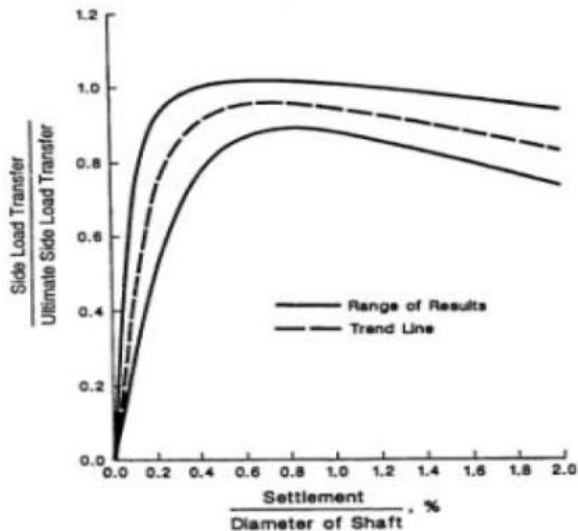
$$X_{total} = (X_s + X_{pp} + X_{ps}) \quad (2.14)$$

2.5 *P-y Curve*

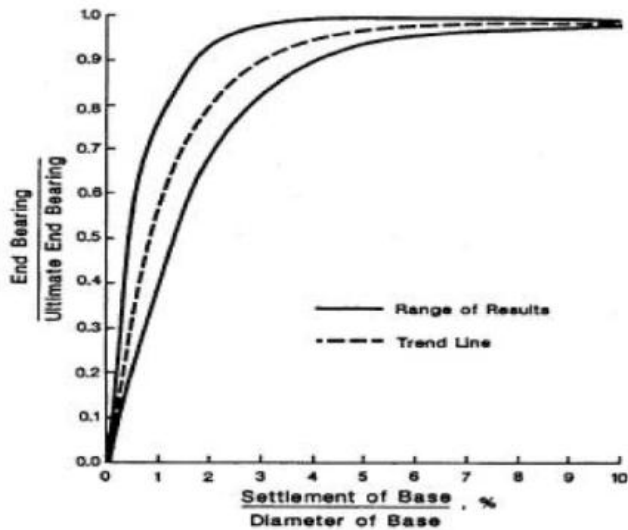
P-y curve adalah kurva yang menunjukkan hubungan beban vertikal (p) dan penurunan (y). Kurva ini didapat dari kurva $t-z$ (beban samping vs gerakan geser) dan kurva $q-w$ (beban ujung tiang pancang vs penurunan dasar tiang). Kurva $t-z$ menunjukkan

hubungan daya dukung pada selimut tiang dan pergeseran antara tanah dan tiang pancang. Pada kurva $t-z$ dapat bervariasi pada kedalaman dan tanah yang berbeda. Kurva $q-w$ menunjukkan hubungan antara daya dukung ujung tiang dan penurunan dasar tiang pancang. Terdapat empat tahapan dalam menentukan kurva $t-z$ dan kurva $q-w$:

1. Hitung daya dukung *ultimate* ujung tiang pancang dan daya dukung *ultimate* selimut tiang pancang.
2. Cari rasio penurunan dan distribusi beban dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4
3. Integrasikan daya dukung ujung tiang dan daya dukung selimut tiang untuk mendapatkan total daya dukung vertikal seperti fungsi pada penurunan.
4. Dari hubungan antara rasio penurunan dan distribusi beban, didapat kurva $t-z$ dan kurva $q-w$.



Gambar 2.3 Kurva Hubungan Beban Vertikal dan Penurunan Akibat Selimut Tiang Pancang pada Tanah Kohesi (Reese dan O'Neill, 1989)



Gambar 2.4 Kurva Hubungan Beban Vertikal dan Penurunan Akibat Ujung Tiang Pancang pada Tanah Kohesi (Reese dan O'Neill, 1989)

Konstanta K

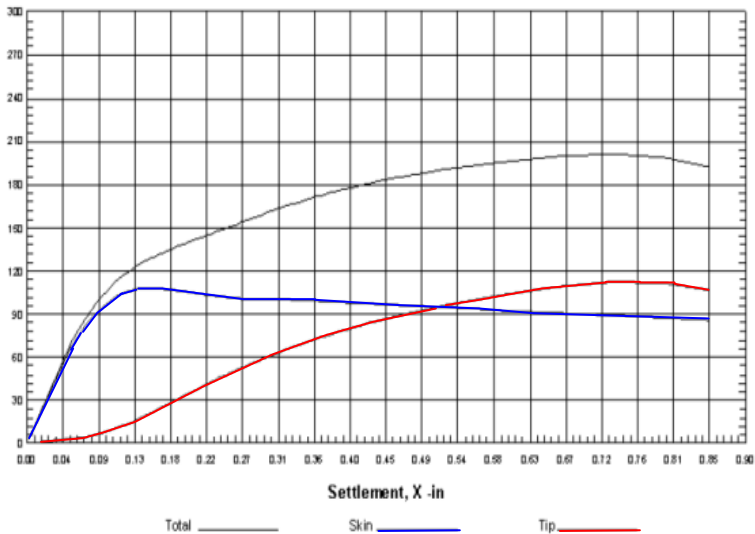
Nilai K adalah konstanta pegas yang terjadi pada perletakan, dimana $K = \frac{P}{\delta}$ yang didapat dari grafik p-y curve.

2.5.1 Kurva Daya Dukung Total, Daya Dukung Selimut dan Ujung Tiang Pancang vs Penurunan pada Kondisi *Short-Term*

Pada gambar di bawah ini, menunjukkan beban vertikal didistribusikan ke selimut tiang pancang dan ujung tiang pancang pada kondisi *short-term*. Pada kondisi ini digunakan metode Reese dan O'Neill. Dari gambar dapat dilihat bahwa penurunan

akibat selimut tiang pancang lebih kecil dibandingkan penurunan akibat ujung tiang pancang. Nilai *ultimate* dari keduanya tidak dapat digabungkan dengan mudah. Maka, daya dukung ujung tiang pancang membutuhkan *Factor of Safety* yang lebih besar

Vertical Load vs. Settlement



untuk mendapatkan daya dukung ijin.

Gambar 2.5 Total Daya Dukung, Daya Dukung Selimut Tiang dan Daya Dukung Ujung Tiang vs. Penurunan

2.5.2 Kurva Daya Dukung Total, Daya Dukung Selimut dan Ujung Tiang Pancang vs Penurunan pada Kondisi *Long-Term*

Kurva Total daya dukung selimut dan ujung tiang pancang vs penurunan pada kondisi long-term didapat dari penjumlahan nilai daya dukung dan penurunan yang didapat dari

perhitungan menggunakan metode Reese dan O'Neill (1989) dan metode Mochtar (1988). Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menentukan kurva total daya dukung vs penurunan pada kondisi *long-term*:

$$p(t) = p_o + \frac{d_i U \exp(VR_i)}{W} t^w \quad (2.15)$$

dimana	p(t)	= penurunan kondisi <i>long-term</i>
	p _o	= penurunan kondisi <i>short-term</i>
	d _i	= diameter tiang pancang
	U	= 8 x 10 ⁻⁶
	V	= 3 x 10 ⁻²
	R	= <i>load ratio</i>
	W	= 0,41

2.5.3 Penurunan Konsolidasi Tanah

Apabila penekanan suatu lapisan tanah tergantung terhadap waktu, pengaruhnya disebut penurunan konsolidasi atau biasa disebut konsolidasi saja. Teori umum termasuk konsep tekanan pori dan tegangan efektif adalah salah satu hal yang dikembangkan pada awalnya oleh Terzaghi selama tahun 1920-1924. Teori konsolidasi mengansumsikan sebagai berikut :

Tanah dalam kondisi jenuh air

Air dan butir-butir tanah tidak mampu ditekan.

Konsolidasi merupakan konsolidasi satu dimensi vertikal, sehingga tidak terdapat aliran air lateral maupun pergerakan tanah.

Berdasarkan analisa yang dilakukan di laboratorium, maka diperoleh rumusan untuk penurunan konsolidasi primer dari tanah. Perumusan penurunan konsolidasi primer pada tanah dibedakan menjadi dua, tergantung dari jenis tanahnya. Jenis tanah tersebut yaitu, tanah yang terkonsolidasi secara normal (*Normally consolidated*) dimana tanah mengalami efektif yang merupakan tegangan maksimum yang pernah dialami, dan terkonsolidasi

lebih (*over consolidated*) dimana tanah mengalami tegangan *overburden* saat ini lebih kecil dari pada tegangan yang pernah dialami sebelumnya. Tegangan *overburden* efektif maksimum yang pernah dialami sebelumnya disebut tegangan prakonsolidasi (*Preconsolidation pressur*).

Persamaan penurunan konsolidasi satu dimensi untuk tanah lempung adalah sebagai berikut *Das (1985 : 194-195)*

Kondisi tanah terkonsolidasi normal (NC soil) $\rightarrow \sigma'_o = \sigma'_c$

$$S_c = \frac{Cc x H}{1 + e_o} \text{Log} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta \sigma}{\sigma'_o} \right) \quad (2.5)$$

Kondisi tanah terkonsolidasi lebih (OC soil) $\rightarrow \sigma'_o < \sigma'_c$

Bila $\sigma'_o + \Delta \sigma \leq \sigma'_c$ maka,

$$S_c = \frac{Cs x H}{1 + e_o} \text{Log} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta \sigma}{\sigma'_o} \right) \quad (2.6)$$

Bila $\sigma'_o + \Delta \sigma > \sigma'_c$ maka,

$$S_c = \frac{Cs x H}{1 + e_o} \text{Log} \left(\frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right) + \frac{Cc x H}{1 + e_o} \text{Log} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta \sigma}{\sigma'_c} \right) \quad (2.7)$$

Dimana :

H = Tebal lapisan lempung

e_o = Angka pori (*Initial void ratio*)

Cc = Indeks kompresi (*Compresion index*)

Cs = Indeks mengembang (*Swelling index*)

$\Delta \sigma$ = Besarnya tegangan akibat pembebanan di muka tanah

σ'_o = Tegangan overburden efektif (*effective overburden pressure*)

σ'_c = Tegangan prakonsolidasi efektif (*effective praconsolidation pressure*)

Konsolidasi untuk pile grup

Konsolidasi yang terjadi pada pondasi pile grup adalah dimulai dari kedalaman dua pertiga panjang tiang hingga ke tanah medium.

Faktor pengaruh untuk konsolidasi pile grup adalah

$$I = \frac{(B \times L)}{(B \times Z) \times (L \times Z)}$$

Dimana:

B = lebar poer

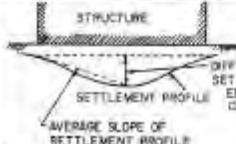
L = Panjang Poer

Z = kedalaman

2.5.4 Kontrol Differential Settlements

TABLE 6.1
Tolerable Differential Settlements of Structures

Type of structure	Tolerable differential settlement	Qualifying conditions
Circular steel pileolums on fluid storage tanks: Fixed top Floating top	(Units of radius of slope of settlement profile) 0.508 0.002 to 0.001 (depending on details of floating top)	Values apply to tanks on flexible base. Rigid slabs for base will not permit such settlement without cracking and local buckling.
Traces for overhead traveling crane	0.001	Value taken longitudinally along track. Settlement between tracks generally does not control.
Rigid circular mat or ring footing for tall and slender rigid structures such as smoke, silos, or water tanks.	0.002 (same slope of rigid foundation)	
Jointed rigid concrete pressure pipe conduit	0.015 (radius of angle change at joint)	Maximum angle change at joint is generally 2 to 4 times average slope of settlement profile. Damage to joint also depends on longitudinal extension.
One- or two-story steel frame, braced roof, warehouse with flexible siding	0.004 to 0.008	Presence of overhead crane, utility lines, or operation of forklifts on warehouse floor would limit tolerable settlement.
One- or two-story houses with plain brick bearing walls and light structural frame	0.002 to 0.004	Larger value is tolerable if significant portion of settlement occurs before interior finish is complete.
Structures with sensitive interior or exterior finish such as plaster, ornamental stone, or tile facing	0.001 to 0.002	Larger value is tolerable if significant portion of settlement occurs before finish is complete.
Structures with relatively insensitive interior or exterior finish such as dry wall, movable glass, glass panels	0.002 to 0.004	Damage to structural frame may limit tolerable settlements.
Multistory heavy concrete rigid frame on structural mat foundation 8 ft x 60 ft	0.0015	Damage to interior or exterior finish may limit tolerable settlements.



STRUCTURE

DIFFERENTIAL SETTLEMENT
EDGE TO CENTER

SETTLEMENT PROFILE

AVERAGE SLOPE OF
SETTLEMENT PROFILE

Tolerable differential settlement is expressed in terms of slope of settlement profile

Value of 0.001 = 1/1-in. differential settlement at 20-ft distance

Value of 0.002 = 2-in. differential settlement at 40-ft distance

2.6 Perhitungan Struktur

2.6.1 Kontrol Retak

Perhitungan lebar retak yang diberikan oleh *sk-sni-03-xxxx-2002 pasal 12.6.4*

$$\omega = 11 \times 10^{-6} \beta f_s^3 \sqrt{d_c A} \quad (2.16)$$

dimana

β = 1,2 (untuk balok)

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada kondisi beban kerja, MPa

d_c = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat, mm

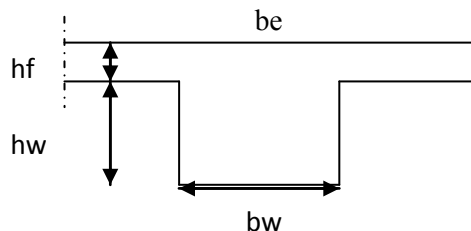
A = luas efektif beton

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

2.6.2 Dimensi Pelat

Menurut *SNI 03-2847-2013 pasal 8.12.2* dan *pasal 8.12.3* disebutkan beberapa cara menentukan lebar efektif dari balok T

Balok tengah :



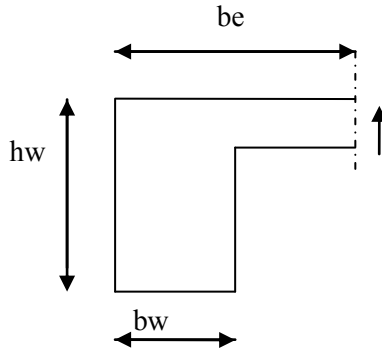
Gambar 2.6 Nilai b_e pada Balok Tengah

- $be1 = \frac{1}{4} Lb$ (2.17)

- $be2 = bw + 8hf$ (2.18)

Dari kedua be tersebut diambil nilai yang terkecil.

Balok tepi :



Gambar 2.7 Nilai be pada Balok Tepi

- $be1 = \frac{1}{12} Lb$ (2.19)

- $be2 = bw + 6hf$ (2.20)

Dari kedua be tersebut diambil nilai yang terkecil.

Harga α_m didapat dari

$$\alpha = \frac{E_{balok} I_{balok}}{E_{plat} I_{plat}} \quad (2.21) \text{ bw}$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3 \quad (2.22)$$

$$I_{plat} = bs \times \frac{t^3}{12} \quad (2.23)$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h_w}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h_w}\right)} \quad (2.24)$$

dimana :

- be = lebar efektif, harga minimum (cm)
- bw = lebar balok (cm)
- hf = tebal rencana plat (cm)
- hw = tinggi balok (cm)

Menurut *SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.2 dan pasal 9.5.3.3* disebutkan cara untuk menentukan tebal pelat.

- a. Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan

Tabel 2.6 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, fy Mpa	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel Interior	Panel ekterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	ln/33	ln/36	ln/36	ln/36	ln/40	ln/40
420	ln/30	ln/33	ln/33	ln/33	ln/36	ln/36
520	ln/28	ln/31	ln/31	ln/31	ln/34	ln/34

- b. Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, h tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (2.25)$$

dan tidak boleh kurang dari 125mm

- c. Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (2.26)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

2.6.3 Dimensi Balok

Penentuan tinggi balok minimum (h_{min}) dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.5.2

$$h = \frac{\lambda}{16} x \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad (\text{untuk } f_y \text{ selain } 420 \text{ Mpa}) \quad (2.27)$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot H \quad (2.28)$$

Keterangan:

h = Tinggi balok

λ = Panjang bentang struktur tinjauan

f_y = Tegangan leleh (Mpa)

b = lebar balok

2.6.4 Dimensi Kolom

(Berdasarkan *RSNI 1727-201X pasal 2.3.2 dan Tabel 4-1*)

Perhitungan dimensi kolom dilakukan dengan membedakan beban yang ada dengan beban mati dan beban hidup. Beban mati merupakan semua beban mati yang akan menumpu pada kolom yaitu : Dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, kulit bangunan gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layanan terpasang lain. Semua beban mati yang ada di jumlah dan menghasilkan DL (*dead load*).

Beban hidup merupakan semua beban mati yang akan menumpu pada kolom sesuai dengan fungsi struktur tersebut yaitu beban hidup pada atap yang digunakan untuk taman atap atau tujuan pertemuan sebesar 479 kg/m^2 dan beban hidup pada lantai sebesar 479 kg/m^2 . Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka factor reduksi ($\phi=0.65$).

$$W = 1,4 \times D \quad (2....)$$

$$W = 1,2 \times DL + 1,6 \times LL + 0,5 \times R \quad (2.29)$$

$$W = 1,2 \times DL + 1,6 \times R + (L \text{ atau } 0,5W) \quad (2.29)$$

$$W = 1,2 \times DL + 1,0 \times W + LL + 0,5 \times R \quad (2.30)$$

$$W = 1,2 \times DL + 1,0 \times E + LL \quad (2.30)$$

$$W = 0,9 \times DL + 1,0 \times E + LL \quad (2.30)$$

$$W = 0,9 \times DL + 1,0 \times E \quad (2.30)$$

$$A = \frac{W}{\Phi f_c'} \quad (2.31)$$

$$b^2 = A \text{ cm}^2 \quad (2.32)$$

Keterangan:

W = Berat total bangunan

A = Luas dimensi kolom

B = lebar dan panjang kolom

2.6.5 Penulangan Balok dan Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1 untuk menghitung penulangan pada balok dan kolom digunakan rumus sebagai berikut :

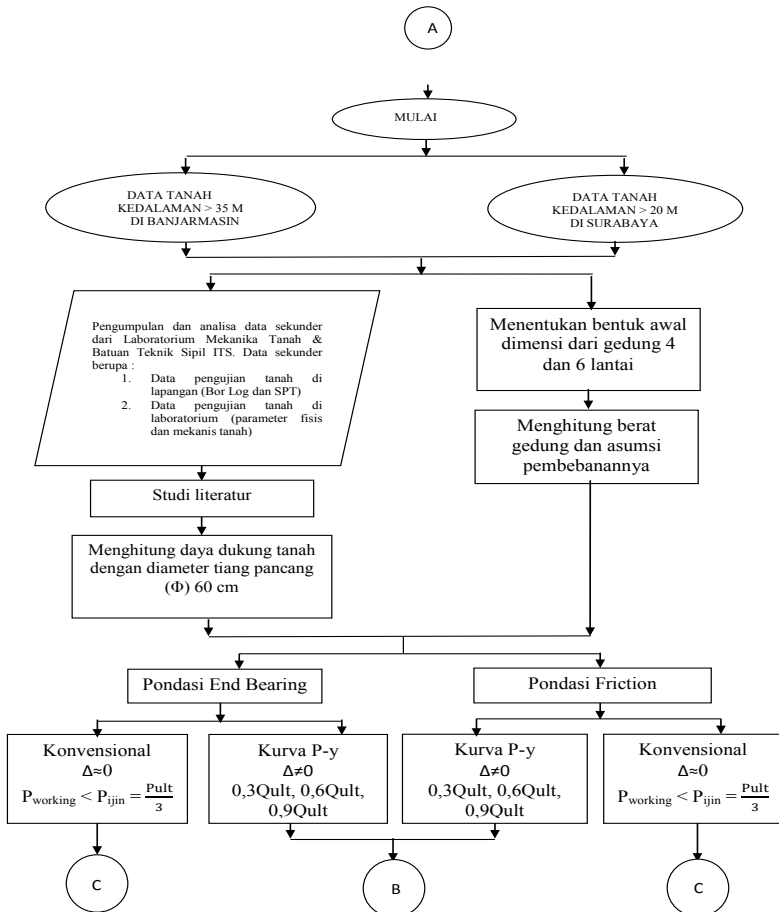
$$\rho_{min} = \frac{0,25x\sqrt{f'c}}{f_y} \quad (2.33)$$

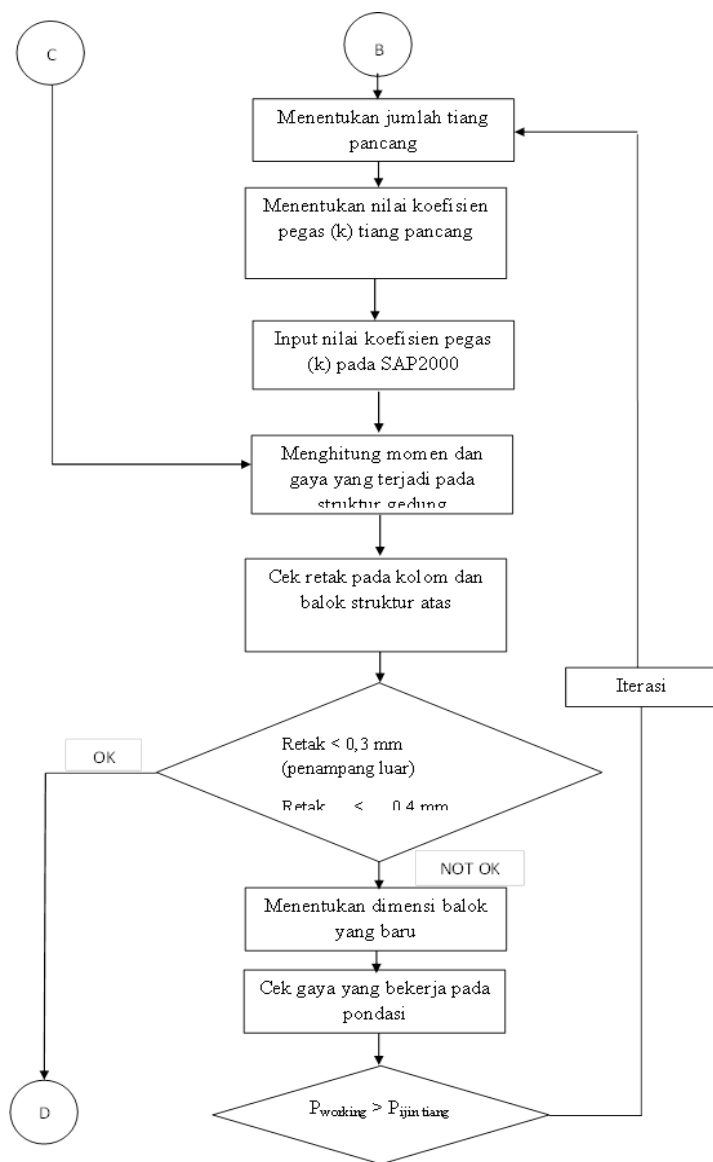
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.34)$$

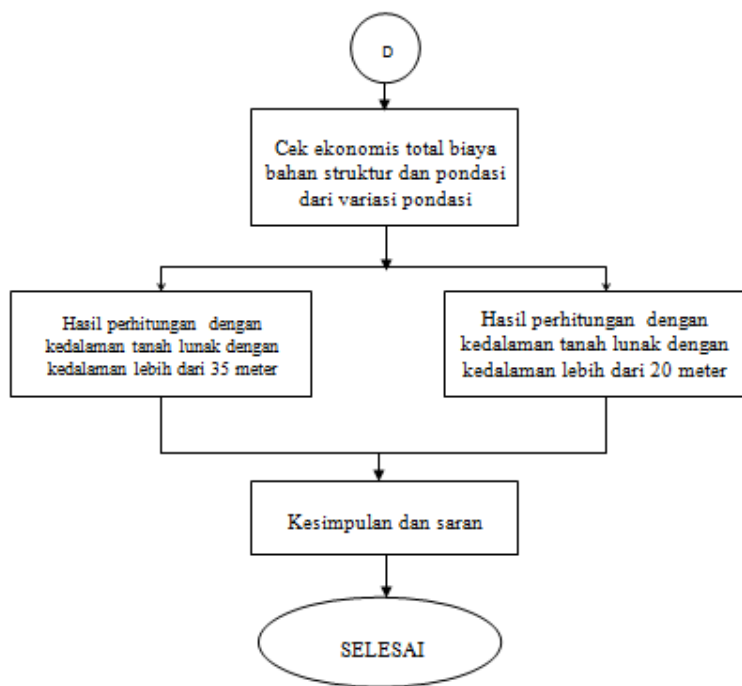
Dari kedua harga ρ_{min} tersebut diambil harga yang terbesar

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir







Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Pengumpulan dan Analisa Data Sekunder Tanah

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapat dari instansi terkait atau hasil survei dari pihak lain. Data tersebut meliputi:

1. Data pengujian tanah, meliputi:

- *Deep Boring (Drilling Log)*

Data *Drilling Log* meliputi penyelidikan yang dilakukan berupa pemboran teknik yang diambil sampel tidak terganggu (*undisturbed sample*) sejumlah beberapa titik. Di Banjarmasin terdapat empat titik yang ditinjau, titik No. II,III,IV pemboran dilakukan sampai kedalaman 35 meter dan titik bor No.I pemboran sampai kedalaman meter 40 meter. Dalam tugas akhir ini, data yang dipakai adalah data pada titik No. IV. Sedangkan di Surabaya terdapat tiga titik bor yaitu titik B1-1, B2-1, B3-1. Dalam tugas akhir ini data yang dipakai adalah data pada titik B3-1. Dari setiap titik lokasi bor dan juga disertai dengan uji NSPT dan sondir. Pengujian untuk sampel tidak terganggu yang diambil dari lapangan bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis dan fisik tanah yang menyelidikannya dilakukan di laboratorium tanah. Berikut adalah pengujian yang dilakukan dalam tugas akhir ini.

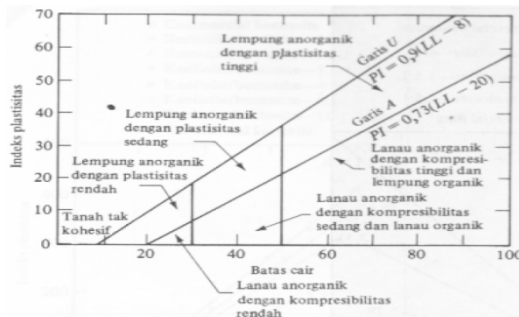
Uji sifat-sifat indeks tanah (Index Properties Test)

- Tes Volumetri – Gravimetri
- Tes Triaxial
- Tes Unconfined
- Tes Atterberg Limit

Dalam Tugas akhir ini parameter-parameter seperti NSPT, berat isi (*unit weight*), sudut geser (*friction angle*), kohesi (*cohesion*) akan dimasukkan ke dalam *software* bantu *allpile* bertujuan untuk menganalisa daya dukung pondasi tiang pancang pada tanah lunak Banjarmasin.

- Tes Atterberg limit

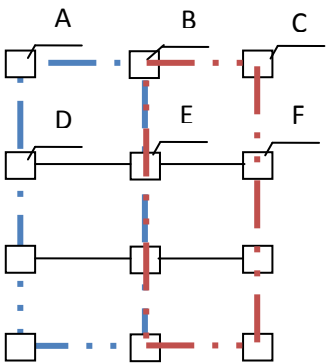
Dalam Tes Atterberg limit akan didapatkan nilai *Liquid Limit* (LL) dan *Plastic Limit* (PL) dari setiap titik lokasi (*bore hole*) dan juga didapatkan nilai *Plasticity Index* (PI) dari perbedaan antara *Liquid Limit* (LL) dan *Plastic Limit* (PL). Nilai tersebut nantinya akan diplotkan pada bagan plastisitas (grafik casagrande) pada gambar 3.2 yang akan memberikan informasi mengenai sifat dan mengidentifikasi jenis tanah.




Gambar 3.2 Bagan plastisitas


3.3 Penentuan Bentuk Awal Dimensi Struktur Gedung

Bentuk awal dari struktur gedung yaitu berbentuk persegi panjang dimana panjang 16 meter dan lebar 24 meter dengan jarak antar kolom 8 meter di sisi memanjang dan melintang. Gedung terdiri dari empat dan enam lantai dengan jarak tiap lantainya sebesar 4 meter. Titik yang ditinjau dalam perhitungan terletak seperti dalam gambar berikut ini.

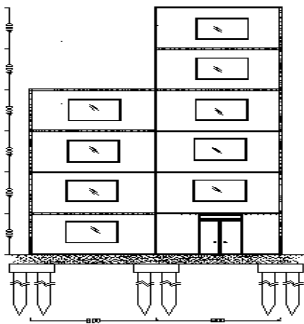


Keterangan :

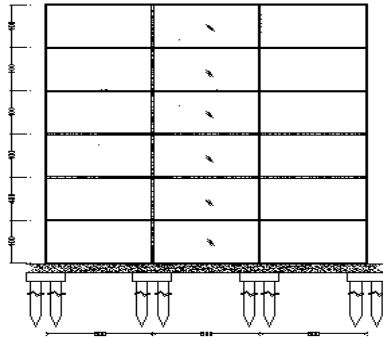
 = Gedung 4 lantai

 = Gedung 6 lantai

Gambar 3.3 Lokasi Kolom yang Ditinjau



Gambar 3.4 Tampak Depan Struktur Gedung



Gambar 3.5 Tampak Samping Struktur Gedung

3.4 Perhitungan Berat Gedung dan Asumsi Pembebanannya

Perhitungan berat gedung yaitu dimensi pelat, balok, dan kolom direncanakan berdasarkan SNI 2847 - 2013. Selain berat struktur juga dipertimbangkan berat struktur akibat gempa yang diperoleh dari SNI 1726 – 2012. Hasil berat gedung diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan *software SAP2000*.

3.5 Studi Literatur

Studi Literatur yang dimaksudkan adalah mengumpulkan materi-materi yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan. Adapun bahan studi yang nantinya digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Referensi tentang pengoperasian *software allpile* dan *SAP2000*.
2. Referensi mengenai perhitungan $P_{ultimate}$ dan settlement dengan cara konvensional dan cara kurva P-y.

3. Referensi mengenai perencanaan dimensi pelat, balok, kolom, dan lebar retak struktur dalam SNI.
4. Perhitungan perencanaan jumlah tiang pancang dalam suatu grup.
5. Perhitungan biaya bahan dari pondasi dan struktur.

Ringkasan yang menunjang beserta rumus-rumus yang mendukung.

3.6 Perhitungan Daya Dukung Tanah Satu Tiang Pancang dengan Diameter 60 cm

Untuk menghitung daya dukung tiang pancang digunakan software *allpile* yang menggunakan metode Reese & Wright. Adapun diameter yang digunakan adalah diameter 60 cm. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui daya dukung ultimate yang ada pada satu tiang pancang di tanah lunak Banjarmasin.

3.7 Perencanaan Penggunaan Pondasi Tiang Pancang *End Bearing*

Pada perencanaan jenis pondasi ini, tiang pancang diletakkan tepat di atas tanah keras yaitu sampai kedalaman 35 meter. Pondasi tiang pancang *end bearing* menggunakan ujung pondasi sebagai kekuatan daya dukungnya (Q_{tip}). Untuk menghitung $P_{ultimate}$ dan penurunan pada pondasi *end bearing* digunakan dua cara yaitu :

3.7.1 Cara Konvensional

Cara konvensional adalah cara untuk menghitung $P_{ultimate}$ pondasi tiang pancang *end bearing* dengan asumsi tidak ada penurunan pada tiang pancang ($\Delta \approx 0$) dengan menggunakan software *allpile*. Pada cara ini beban struktur yang bekerja

(P_{working}) harus lebih kecil dari P_{ijin} tiang dimana P_{ijin} tiang yaitu P_{ultimate} dibagi dengan tiga ($P_{\text{working}} < P_{\text{ijin}} = \frac{P_{\text{ult}}}{3}$). Pada input *SAP2000* pondasi ini diasumsikan sebagai perletakan jepit.

3.7.2 Cara Kurva P-y

Cara kurva P-y adalah cara untuk menghitung P_{ultimate} pondasi tiang pancang *end bearing* dengan asumsi adanya penurunan / *settlement* pada tiang pancang ($\Delta \neq 0$) dengan menggunakan software *allpile*. Pada cara ini beban struktur yang bekerja (P_{working}) harus lebih besar dari P_{ijin} tiang dimana P_{ijin} tiang yaitu P_{ultimate} dibagi dengan tiga ($P_{\text{working}} > P_{\text{ijin}} = \frac{P_{\text{ult}}}{3}$). Pada input *SAP2000* pondasi ini diasumsikan sebagai perletakan pegas.

3.8 Perencanaan Penggunaan Pondasi Tiang Pancang *Friction*

Pada perencanaan jenis pondasi ini, tiang pancang diletakkan tidak sampai menyentuh tanah keras. Pondasi tiang pancang *friction* menggunakan lekatan tanah pada sepanjang selimut pondasi sebagai kekuatan daya dukungnya (Q_{side}). Untuk menghitung P_{ultimate} dan penurunan pada pondasi *friction* digunakan dua cara yaitu :

3.8.1 Cara Konvensional

Cara konvensional adalah cara untuk menghitung P_{ultimate} pondasi tiang pancang *friction* dengan asumsi tidak ada penurunan pada tiang pancang ($\Delta \approx 0$) dengan menggunakan software *allpile*. Pada cara ini beban struktur yang bekerja (P_{working}) harus lebih kecil dari P_{ijin} tiang dimana P_{ijin} tiang yaitu P_{ultimate} dibagi dengan tiga ($P_{\text{working}} < P_{\text{ijin}} = \frac{P_{\text{ult}}}{3}$). Pada input *SAP2000* pondasi ini diasumsikan sebagai perletakan jepit.

3.8.2 Cara Kurva P-y

Cara kurva P-y adalah cara untuk menghitung $P_{ultimate}$ pondasi tiang pancang *friction* dengan asumsi adanya penurunan / *settlement* pada tiang pancang ($\Delta \neq 0$) dengan menggunakan software *allpile*. Pada cara ini beban struktur yang bekerja ($P_{working}$) harus lebih besar dari P_{ijin} tiang dimana P_{ijin} tiang yaitu $P_{ultimate}$ dibagi dengan tiga ($P_{working} > P_{ijin} = \frac{P_{ult}}{3}$). Pada input *SAP2000* pondasi ini diasumsikan sebagai perletakan pegas.

3.9 Perencanaan Jumlah Tiang Pancang dalam Satu Grup

Perencanaan jumlah tiang pancang dilakukan setelah mengetahui daya dukung pada satu pondasi tiang pancang dan berat total dari struktur atas, sehingga dapat dihitung jumlah pancang yang dibutuhkan dalam satu grup untuk menahan distribusi berat struktur di atasnya.

3.10 Penentuan Koefisien Pegas (k) Tiang Pancang

Nilai koefisien Pegas (k) tiang pancang didapat dari suatu persamaan kurva P-y yang kemudian dilakukan beberapa iterasi sehingga mendapatkan nilai (k) yang sesuai. Nilai ini merupakan *input* pada perletakan pegas dalam *SAP2000*.

3.11 Perhitungan Momen dan Gaya Pada Struktur Gedung

Hasil momen dan gaya pada struktur gedung pada *SAP2000* didapat setelah struktur bawah yaitu pondasi tiang pancang telah selesai direncanakan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing jenis pondasi terhadap besarnya momen dan gaya yang terjadi pada struktur atas.

3.12 Cek Lebar Retak pada Balok dan Kolom

Pengecekan lebar retak dilakukan setelah mengetahui besarnya momen dan gaya yang terjadi pada struktur atas. Syarat lebar retak tidak boleh lebih dari 0,3 mm untuk penampang luar yang terkena cuaca sedangkan untuk penampang dalam ruangan tidak boleh lebih dari 0,4 mm sesuai dengan SK SNI 03 - xxxx – 2002.

3.13 Menentukan Dimensi Balok dan Kolom yang Baru

Apabila terjadi retak pada struktur melebihi syarat yang telah ditetapkan SK SNI 03 - xxxx – 2002, maka harus direncanakan kembali dimensi balok dan kolom yang baru sampai tidak terjadi keretakan balok dan kolom pada struktur atas.

3.14 Cek Gaya yang Bekerja pada Pondasi

Cek gaya-gaya yang bekerja pada pondasi pada setiap titik yang ditinjau dengan menggunakan *SAP2000* setelah mengubah dimensi balok dan kolom. Apabila gaya yang bekerja pada pondasi (P_{working}) lebih besar dari daya dukung ijin tiang ($P_{\text{ijintiang}}$) maka dilakukan iterasi dengan mengubah jumlah tiang pancang.

3.15 Cek Ekonomis Biaya Bahan Struktur dan Pondasi

Apabila seluruh dari berbagai alternatif variasi pondasi tiang pancang dan dimensi struktur atas telah direncanakan secara aman, maka dilakukan pengecekan total biaya bahan untuk mengetahui jenis pondasi tiang pancang yang paling ekonomis.

3.16 Perbandingan Hasil Perhitungan Tiang Pancang Kedalaman 35 m dan 20 m

Apabila telah mendapatkan seluruh hasil perhitungan dari tiang pancang dengan kedalaman 35 meter dan 20 meter. Maka dilakukan perbandingan pada setiap hasil perhitungan yang telah dilakukan untuk mengetahui perbedaan *behaviour* dari tiang pancang pada kedalaman 35 meter dan 20 meter.

3.17 Kesimpulan dan Saran

Setelah analisis jenis pondasi *end bearing* dan *friction* dengan jumlah tiang dan variasi diameter yang berbeda serta besar dimensi struktur atas, maka dapat disimpulkan biaya bahan yang paling ekonomis sehingga dapat menjadi alternatif dalam pembangunan gedung tinggi di atas tanah lunak.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PRELIMINARY DESAIN STRUKTUR ATAS

Preliminary desain merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. Preliminary desain yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok, pelat, dan kolom. Sebelum melakukan preliminary baiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung. Dimensi-dimensi balok induk, pelat, dan kolom yang didapatkan dari preliminary desain ini merupakan perhitungan dimensi awal yang kemudian dapat dirubah untuk memperoleh sistem struktur yang kaku dan tahan terhadap sifat elastis tanah. Perhitungan dimensi tersebut adalah sebagai berikut.

4.1.1 DATA PERENCANAAN

Perencanaan struktur gedung di atas tanah lunak Surabaya menggunakan beton bertulang pada keseluruhan struktur gedung. Berikut ini adalah data-data perencanaan struktur gedung.

- Lokasi : Surabaya
- Jumlah Lantai : 4 lantai dan 6 lantai
- Ketinggian Lantai : 4,00 m
- Mutu Beton (f_c) : 35 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa

4.1.2 Pembebanan

1. Beban Gravitasi

- Beban Mati (PPIUG 1983)
 - Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m³

- Adukan finishing : 21 kg/m³
- Tegel : 24 kg/m³
- Dinding setengah bata : 250 kg/m³
- Plafond : 11 kg/m³
- Penggantung : 7 kg/m³
- Plumbing +ducting : 25 kg/m³
- Beban Hidup
 - Lantai atap : 100 kg/m³
 - Lantai : 250 kg/m³
- 2. Beban Angin
 - Jauh dari pantai : 30 kg/m³
- 3. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan menurut SNI 03-1726-2012

4.1.3 PERENCANAAN BALOK

Penentuan tinggi balok minimum (h_{min}) dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps. 9.5.2.1 (tabel 9.5(a) . Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung)

$$h_{min} = \frac{L}{16}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h$$

Dimana :

L = panjang balok (cm)

h = tinggi balok (cm)

b = lebar balok (cm)

Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

Dimensi Balok

- Balok Induk Melintang, bentang $\lambda = 800$ m

$$\begin{aligned} h &= \frac{L}{16} x \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) \\ &= \frac{800}{16} x \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \\ &= 48,57 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi **balok induk melintang 40 / 60**

- Balok Induk Memanjang, bentang $\lambda = 800$ m

$$\begin{aligned} h &= \frac{\lambda}{16} x \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) \\ &= \frac{800}{16} x \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \\ &= 48,57 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi **balok induk memanjang 40 / 60**

- Balok Anak

Dimensi balok anak diambil kurang lebih $\frac{2}{3}$ dari dimensi balok induk dengan bentang yang sama. Dimana untuk bentang 800 cm, dimensi balok induk yang bersangkutan adalah 40/60 cm.

$$h = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times 40 = 26,67 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Jadi untuk balok anak direncanakan **30/40 cm**.

Kesimpulan :

1. Balok Induk Melintang, 8 m direncanakan dimensi 40 / 60
2. Balok Induk Memanjang, 8 m direncanakan dimensi 40 / 60
3. Balok Anak direncanakan dimensi 30/40

4.1.4 PERENCANAAN TEBAL PELAT

4.1.4.1 Peraturan Perencanaan Pelat

Perencanaan ini menggunakan perhitungan yang dibagi dalam dua jenis yaitu :

1. Pelat satu arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya lebih dari atau sama dengan 2. Pada pelat satu arah, pembebanan yang diterima akan diteruskan pada balok-balok (pemikul bagian yang lebih panjang) dan hanya sebagian kecil saja yang akan diteruskan pada gelagar pemikul bagian yang lebih pendek.
2. Pelat dua arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya kurang dari 2, sehingga besar pembebanan yang diterima diteruskan pada keseluruhan pemikul di sekeliling panel pelat tersebut.

Pemodelan struktur yang digunakan adalah sistem rangka pemikul momen, dimana pelat difokuskan hanya menerima beban gravitasi. Tumpuan pada sisi pelat diasumsikan sebagai perletakan jepit elastis.

Perhitungan dimensi plat berdasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.3* bagi tebal plat sebagai berikut :

- a) Untuk $\alpha_m \leq 0,2$ menggunakan pasal 9.5(3(2))

b) Untuk $0,2 < \alpha_m < 2$ ketebalan minimum plat harus

$$\text{memenuhi } h_1 = \frac{L_n \times \left[0.8 + \frac{fy}{1400} \right]}{36 + 5\beta[\alpha_m - 0.2]} \text{ dan tidak boleh kurang dari } 125 \text{ mm}$$

c) Untuk $\alpha_m \geq 2$ ketebalan minimum plat harus

$$\text{memenuhi } h_2 = \frac{L_n \times \left(0.8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \text{ dan tidak boleh kurang dari } 90 \text{ mm}$$

L_n = Panjang bentang bersih

S_n = Lebar bentang bersih

f_y = Tegangan Leleh Baja

β = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah

α_m = Nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi – tepi dari suatu panel

Harga α_m didapat dari:

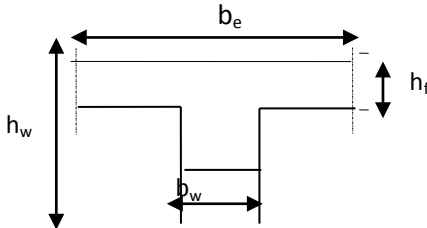
$$\alpha = \frac{E_{balok} I_{balok}}{E_{plat} I_{plat}} \quad I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} \quad I_{plat} = Ly \times \frac{hf^3}{12}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{h_f}{h_w} \right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w} \right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w} \right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{h_f}{h_w} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{h_f}{h_w} \right)}$$

Perumusan untuk mencari lebar flens pada balok :

Balok Tengah :



Nilai b_e :

$$b_e = 1/4 L_b$$

$$b_e = b_w + 8 h_f$$

dari kedua nilai b_e tersebut diambil yang terkecil.

4.1.4.2 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai

Pelat yang direncanakan berupa pelat lantai dengan 2 tipe pelat dengan spesifikasi sebagai berikut

- Mutu beton : 35 MPa
- Mutu baja : 400 MPa
- Rencana tebal pelat lantai dan atap: 12,5 cm

4.1.4.3 Perhitungan lebar efektif pelat

(Semua jenis Pelat Lantai dan Atap sama untuk semua sisi)

$\beta > 2$ tulangan satu arah

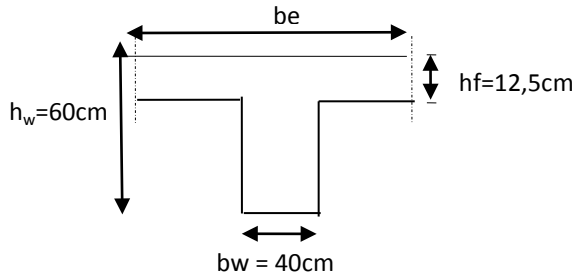
β = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 1 arah.

$$L_n = 800 \text{ cm} - \left(\frac{30}{2} + \frac{40}{2} \right) = 765 \text{ cm}$$

$$S_n = 400 \text{ cm} - \left(\frac{40}{2} + \frac{30}{2} \right) = 365 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_{yn}}{L_{xn}} = \frac{765}{365} = 2,09589 > 2 \quad (\text{Pelat 1 arah})$$

Balok induk Memanjang (40 x 60), $L_y = 400$ cm



- $be = \frac{1}{4} L_y = \frac{1}{4} (765) = 91,25 \text{ cm}$
- $be = bw + 8 h_f$
 $= 40 + (8 \times 12,5)$
 $= 140 \text{ cm}$

Dipakai $be = 91,25 \text{ cm}$.

$K =$

$$\frac{1 + \left(\frac{91,25}{40} - 1 \right) x \left(\frac{12,5}{60} \right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12,5}{60} \right) + 4 \left(\frac{12,5}{60} \right)^2 + \left(\frac{91}{40} - 1 \right) x \left(\frac{12,5}{60} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{91,3}{40} - 1 \right) x \left(\frac{12,5}{60} \right)} = 1,41$$

$$I_{\text{balok}} = K \cdot bw \cdot \frac{h_w^3}{12} = 1,41 \times 40 \times \frac{60^3}{12} = 1013561 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{plat}} = L_y \cdot \frac{h_f^3}{12} = 800 \times \frac{12,5^3}{12} = 130208 \text{ cm}^4$$

Karena $E_c \text{ balok} = E_c \text{ plat}$

$$\alpha = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{plat}}} = \frac{1013561}{130208} = 7,78415$$

Dengan cara yang sama untuk balok induk melintang dan balok anak melintang maka didapat nilai α sebagai berikut

Balok induk memanjang = 7,78415

Balok induk melintang = 18,4303

Balok anak melintang = 4,486

Balok anak memanjang = 2,243

$$\text{Jadi } \alpha_m = \frac{1}{4} \times (7,78415 + 18,4303 + 4,486 + 2,243) = 8,24 > 2$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5(3(3)) yang mana $\alpha_m \geq 2$ maka ketebalan plat minimum adalah

$$h = \frac{765 \left(0.8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + 9 \times 2,09589} = 15 \text{ cm} > 9 \text{ cm}$$

Untuk faktor kenyamanan gunakan tebal pelat lantai 15 cm. Tebal rencana pelat 15 cm memenuhi persyaratan tebal minimum.

4.1.4.4 Perencanaan Pelat Atap

Pelat atap yang direncanakan memiliki ukuran yang sama dengan pelat lantai maka dengan cara yang sama didapat ketebalan pelat atap direncanakan sama yaitu 15 cm.

4.1.5 PERENCANAAN KOLOM

Menurut SNI 03-2847-2013 kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.

Direncanakan :

Tebal Pelat = 15 cm = 150 mm

Tinggi tiap lantai = 400 cm

Dimensi balok 40/60

Beban beban yang terjadi berdasarkan PPIUG 1983, yang diberikan di tiap lantainya sebagai perencanaan pembebanan kolom. Ukuran kolom dapat di diperhitungkan sebagai berikut.

Tabel 4.1 Beban yang Diterima Kolom

pelat lantai 1-6						
beban mati	berat sendiri	b	L	t	x lantai	berat
pelat lantai (15 cm)	2400	8	8	0,15	6	138240,00
Penggantung	7	8	8	1	6	2688,00
Plafon	11	8	8	1	6	4224,00
balok induk melintang (40/60)	2400	0,4	8	0,6	6	27648,00
balok induk memanjang (40/60)	2400	0,4	8	0,6	6	27648,00
balok anak melintang (30/40)	2400	0,3	8	0,4	6	2304
balok anak memanjang (30/40)	2400	0,3	8	0,4	6	2304
Dinding	250	8	8	4	6	96000,00
Tegel	24	8	8	0,01	6	92,16
spesi (1 cm)	21	8	8	0,01	6	80,64
Dacting dan Plumbing	30	8	8	1	6	11520,00
					WD	312749,00
beban hidup						
Lantai	250	8	8	1	6	96000,00
					WL	96000,00
WD total (kg)						312749,0
WL total (kg)						96000,00

Koefisien Reduksi untuk beban hidup (PPIUG tabel 3.3) = 0,8. Jadi, total beban untuk beban hidup : $LL = 0,8 \times WL_{total} = 76800 \text{ Kg}$.

$$\begin{aligned} \text{Jadi Berat Total : } W &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 498178 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Mutu Beton} = 35 \text{ MPa} = 350 \text{ Kg/cm}^2 (1 \text{ Mpa} = 10 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$\text{Dimensi : } A = 3 * \frac{P}{fc'} = 3 * \frac{498178}{350} = 4270,0971 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dimensi : } b^2 = 4270,0971 \text{ cm}^2$$

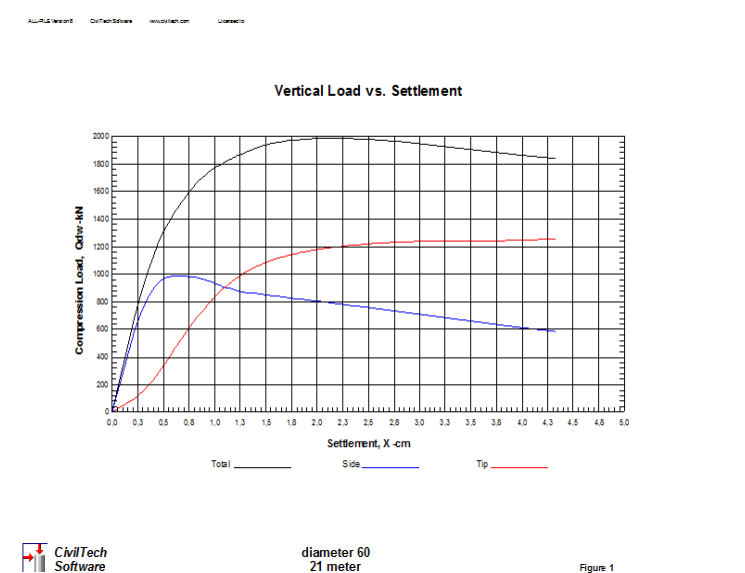
$$b = 65,34598 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

Jadi Dimensi Kolom yang digunakan 70/70 cm.

4.2 HASIL PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH

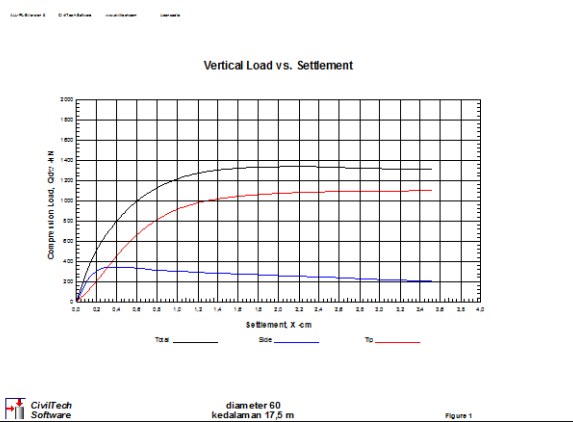
4.2.1. Daya Dukung Pondasi dengan P-Y curve

Untuk memperoleh jumlah tiang pancang dilakukan perhitungan daya dukung tanah terhadap satu tiang. Metode yang digunakan dalam menghitung daya dukung ini adalah dengan menggunakan grafik P-Y yang didapat dari program allpile. Diameter tiang yang dipakai adalah 60 cm dengan variasi kedalaman pancang tiang yaitu untuk tumpuan end bearing dan friction. Nilai $Q_{ultimate}$ dari satu tiang pancang adalah sebagai seperti yang ada pada gambar 4.1 dan gambar 4.2



Gambar 4.1 Grafik $Q_{ultimate}$ *End Bearing* Satu Tiang Pancang

Berdasarkan grafik P-Y seperti pada *gambar 4.1*, didapat gaya ultimate satu tiang saat *end bearing* pada kedalaman 21 meter yaitu sebesar 198,67 ton.



Gambar 4.2 Grafik $Q_{ultimate}$ Friction Satu Tiang Pancang

Pada saat friction yaitu pada kedalaman 17,5 m, diketahui bahwa $Q_{ultimate}$ dari tiang pancang sebesar 133,84 ton seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.

Kesimpulan dari perhitungan daya dukung satu tiang pancang adalah:

1. Perhitungan pondasi dengan menggunakan metode konvensional dan metode $p-y$ curve yang menumpu tanah keras (*end bearing*) pada tiang pancang dengan diameter 60 cm diletakkan sedalam 21 meter dengan $Q_{ultimate}$ sebesar 198,67 ton.
2. Perhitungan pondasi dengan menggunakan metode konvensional dan metode $p-y$ curve yang menggunakan gesekan selimut tiang (*friction*), pondasi dipancang sedalam 17,5 meter dengan diameter tiang 60 cm didapat $Q_{ultimate}$ sebesar 133,84 kN.

4.2.2. Hasil Perhitungan Jumlah Tiang Pancang pada Tiap Perletakan dengan Metode Konvensional dan Metode *p-y curve*

Setelah dilakukan perhitungan daya dukung satu tiang pancang pada tanah dasar maka dapat dihitung jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu grup pada tiap titik perletakan struktur gedung dengan empat metode yang ada.



Gambar 4.3 Struktur Gedung Tampak 3 Dimensi



Gambar 4.4 Titik Perletakan Gedung

Di bawah ini adalah tabel perbandingan jumlah tiang pancang diameter 60 cm pada perhitungan kedua tumpuan yaitu *end bearing* dan *friction* dengan metode konvensional dan metode *p-y curve* yang kedalamannya telah disebutkan dalam sub bab sebelumnya.

Tabel 4.2 Jumlah Tiang yang Dibutuhkan

joint	end bearing				friction			
	konv.	p-y curve			konv.	p-y curve		
		0,3Qult	0,6Qult	0,9Qult		0,3Qult	0,6Qult	0,9Qult
122	6	6	2	2	9	8	4	3
123	8	8	4	2	14	12	6	4
124	15	15	8	6	24	24	10	8
125	9	8	6	3	15	14	6	4
127	15	15	8	6	24	24	10	8
128	9	8	6	3	15	14	6	4
130	8	8	4	2	14	12	6	4
131	6	6	2	2	9	8	4	3
221	4	3	2	2	6	6	2	2
224	6	6	3	2	10	9	6	3
226	6	6	3	2	10	9	6	3
228	4	3	2	2	6	6	2	2
Jumlah	96	92	50	34	156	146	68	48

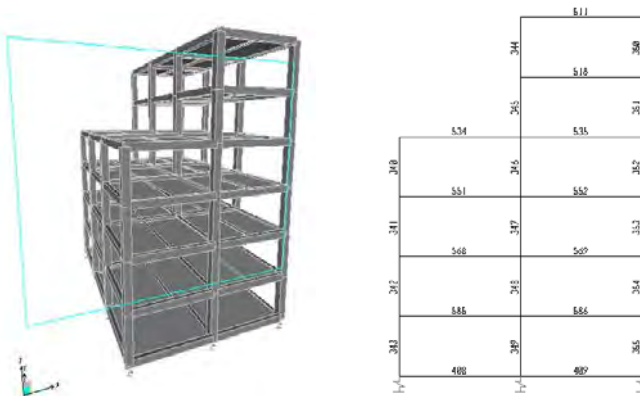
Perhitungan jumlah tiang dan besar konsolidasi yang terjadi terdapat pada Lampiran 1 dan 2

Kesimpulan dari perhitungan perbandingan jumlah tiang pancang pada metode konvensional dan *p-y curve* adalah:

1. Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa pemancangan yang dilakukan sampai tanah keras lebih ekonomis jika dibandingkan pemancangan masih pada tanah lunak atau medium. Jumlah tiang yang menumpu pada tanah keras (*end bearing*) ternyata masih jauh lebih sedikit jika dibandingkan dengan tumpuan *friction*
2. Perhitungan dengan metode *p-y curve* menghasilkan jumlah tiang yang jauh lebih sedikit jika dibandingkan dengan cara konvensional (perletakan jepit)

4.2.3. Hasil Perhitungan Perbandingan Nilai Jumlah Tulangan, Lebar Retak, dan Defleksi yang Terjadi pada Balok Struktur Gedung

Perhitungan perbandingan jumlah tulangan, lebar retak, dan defleksi yang terjadi pada balok ditentukan dari momen yang terjadi. Perhitungan momen didapat dari analisa perhitungan dengan menggunakan *software SAP2000*. Momen ini dihitung setelah memasukkan koefisien pegas (k) pada setiap titik perletakan di bawah struktur gedung. Berikut ini adalah portal struktur yang memiliki momen balok paling besar.



Gambar 4.5 Letak Balok-Balok Gedung yang Ditinjau

4.2.3.1 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada *End Bearing Pile* dan *Friction Pile*

Kebutuhan banyak tulangan pada balok ditentukan oleh besarnya momen yang terjadi pada setiap balok pada gedung tersebut. Semakin besar momen yang dihasilkan maka semakin banyak tulangan yang dibutuhkan. Besarnya momen yang terjadi dapat dipengaruhi oleh jenis perletakan yang dipakai. Pada metode konvensional perletakan yang dipakai adalah perletakan jepit sedangkan pada metode *p-y curve* perletakan yang dipakai adalah perletakan pegas. Dalam tabel di bawah dapat dilihat jumlah tulangan yang dibutuhkan setiap balok sesuai dengan variasi diameter tiang pancang yang digunakan.

4.2.3.1.1 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel perbandingan tulangan pada setiap momen yang terdapat pada masing-masing balok yaitu kedua momen tumpuan pada ujung balok dan momen lapangan. Momen tersebut dihasilkan dari perhitungan tiang pancang dengan tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode konvensional dan metode *p-y curve*. Pada metode *p-y curve* digunakan P_{ijin} sebesar 0,3 dari *ultimate*.

Tabel 4.3 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Konv.	0,3ult	Konv.	0,3ult
408	tumpuan	6	6	6	6
408	lapangan	4	4	4	4

408	tumpuan	6	6	6	6
409	tumpuan	6	6	6	6
409	lapangan	4	4	4	4
409	tumpuan	6	6	6	6
511	tumpuan	6	6	6	6
511	lapangan	8	8	8	8
511	tumpuan	6	6	6	8
518	tumpuan	8	8	8	8
518	lapangan	8	8	8	8
518	tumpuan	8	8	8	10
534	tumpuan	6	8	6	8
534	lapangan	6	8	6	8
534	tumpuan	6	8	6	6
535	tumpuan	8	8	8	8
535	lapangan	8	8	8	8
535	tumpuan	8	8	8	10
551	tumpuan	8	10	8	10
551	lapangan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	8	8	8
552	lapangan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	8	8	10
568	tumpuan	8	8	8	10
568	lapangan	8	8	8	8
568	tumpuan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	8	8	8

569	lapangan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	8	8	10
585	tumpuan	8	8	8	8
585	lapangan	8	8	8	8
585	tumpuan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	10	8	8
586	lapangan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	8	8	10

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa balok yang membutuhkan lebih sedikit tulangan adalah balok-balok yang dihitung dengan menggunakan metode konvensional perletakan jepit dibandingkan dengan balok yang dihitung dengan menggunakan metode *p-y curve* perletakan pegas.

4.2.3.1.2 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel perbandingan tulangan pada setiap momen yang terdapat pada masing-masing balok yaitu kedua momen tumpuan pada ujung balok dan momen lapangan. Momen tersebut dihasilkan dari perhitungan tiang pancang dengan tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode konvensional dan metode *p-y curve*. Pada metode *p-y curve* digunakan P_{ijin} sebesar 0,6 dari *ultimate*.

Tabel 4.4 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Konv.	0,6ult	Konv.	0,6ult
408	tumpuan	6	6	6	6
408	lapangan	4	4	4	4
408	tumpuan	6	8	6	6
409	tumpuan	6	6	6	6
409	lapangan	4	4	4	4
409	tumpuan	6	6	6	6
511	tumpuan	6	6	6	8
511	lapangan	8	8	8	8
511	tumpuan	6	6	6	6
518	tumpuan	8	8	8	8
518	lapangan	8	8	8	8
518	tumpuan	8	8	8	8
534	tumpuan	6	6	6	10
534	lapangan	6	8	6	8
534	tumpuan	6	8	6	4
535	tumpuan	8	8	8	8
535	lapangan	8	8	8	8
535	tumpuan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	8	8	12
551	lapangan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	8	8	6
552	tumpuan	8	8	8	8

552	lapangan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	10	8	10
568	tumpuan	8	8	8	12
568	lapangan	8	8	8	8
568	tumpuan	8	8	8	6
569	tumpuan	8	8	8	8
569	lapangan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	8	8	10
585	tumpuan	8	8	8	10
585	lapangan	8	8	8	8
585	tumpuan	8	10	8	6
586	tumpuan	8	8	8	8
586	lapangan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	8	8	8

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa balok yang membutuhkan lebih sedikit tulangan adalah balok-balok yang dihitung dengan menggunakan metode konvensional perletakan jepit dibandingkan dengan balok yang dihitung dengan menggunakan metode *p-y curve* perletakan pegas.

4.2.3.1.3 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel perbandingan tulangan pada setiap momen yang terdapat pada masing-masing balok yaitu kedua momen tumpuan pada ujung balok dan momen lapangan. Momen tersebut dihasilkan dari perhitungan tiang pancang dengan tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode

konvensional dan metode *p-y curve*. Pada metode *p-y curve* digunakan P_{ijin} sebesar 0,9 dari *ultimate*.

Tabel 4.5 Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Konv.	0,9ult	Konv.	0,9ult
408	tumpuan	6	6	6	6
408	lapangan	4	4	4	4
408	tumpuan	6	8	6	6
409	tumpuan	6	8	6	6
409	lapangan	4	4	4	4
409	tumpuan	6	6	6	6
511	tumpuan	6	6	6	8
511	lapangan	8	8	8	8
511	tumpuan	6	6	6	6
518	tumpuan	8	8	8	8
518	lapangan	8	8	8	8
518	tumpuan	8	8	8	8
534	tumpuan	6	6	6	8
534	lapangan	6	8	6	8
534	tumpuan	6	8	6	6
535	tumpuan	8	8	8	8
535	lapangan	8	8	8	8
535	tumpuan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	8	8	10
551	lapangan	8	8	8	8

551	tumpuan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	8	8	8
552	lapangan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	8	8	10
568	tumpuan	8	8	8	10
568	lapangan	8	8	8	8
568	tumpuan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	8	8	8
569	lapangan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	8	8	10
585	tumpuan	8	8	8	10
585	lapangan	8	8	8	8
585	tumpuan	8	10	8	8
586	tumpuan	8	10	8	8
586	lapangan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	8	8	10

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa balok yang membutuhkan lebih sedikit tulangan adalah balok-balok yang dihitung dengan menggunakan metode konvensional perletakan jepit dibandingkan dengan balok yang dihitung dengan menggunakan metode *p-y curve* perletakan pegas.

Kesimpulan dari perbandingan kebutuhan jumlah tulangan balok pada tiga variasi diameter di atas yaitu :

1. Jumlah kebutuhan tulangan paling sedikit terdapat pada perhitungan struktur gedung dengan metode konvensional dibandingkan dengan perhitungan dengan metode *p-y curve*.

4.2.3.2 Hasil Perhitungan Lebar Retak pada Balok

Telah dijelaskan dalam sub bab sebelumnya bahwa momen yang terjadi pada setiap balok dapat mempengaruhi banyaknya jumlah tulangan yang dibutuhkan. Selain itu besarnya momen dan jumlah tulangan ini berpengaruh pada besarnya lebar retak yang terjadi pada setiap balok tersebut. Syarat dari lebar retak yaitu kurang dari 0,3 mm untuk balok eksterior dan 0,4 mm untuk balok interior. Dalam perhitungan balok pada tugas akhir ini yang dihitung adalah balok interior pada struktur gedung. Dalam tabel di bawah ini dapat dilihat perbedaan lebar retak yang terjadi pada setiap balok di masing-masing variasi diameter tiang pancang yang digunakan.

4.2.3.2.1 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan p - y curve dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Tabel di bawah ini adalah tabel perbandingan lebar retak balok pada setiap momen tumpuan dan lapangan yang terjadi pada jika menggunakan tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *end bearing* dan *friction*. Pada tumpuan *end bearing* digunakan metode konvensional dengan perletakan jepit, sedangkan pada tumpuan *friction* digunakan metode p - y curve dimana P_{ijin} sebesar 0,3 dari *ultimate* dengan perletakan pegas. Pada perhitungan lebar retak, jumlah tulangan dapat mempengaruhi besarnya lebar retak. Jumlah tulangan tersebut telah didapat dari sub bab sebelumnya.

Tabel 4.6 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame		End Bearing				Friction			
		Konv.		<i>p-y curve 0,3ult</i>		Konv.		<i>p-y curve 0,3ult</i>	
408	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,241
408	lapangan	4	0,276	4	0,276	4	0,276	4	0,276
408	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,241
409	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,241
409	lapangan	4	0,276	4	0,276	4	0,276	4	0,276
409	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,241
511	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,241
511	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
511	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	8	0,219
518	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
518	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
518	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
534	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	8	0,219
534	lapangan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	8	0,219
534	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	6	0,241
535	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
535	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
535	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
551	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	10	0,203
551	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
551	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
552	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
552	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
552	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
568	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
568	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
568	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
569	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
569	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
569	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
585	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
585	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
585	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
586	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	8	0,219
586	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
586	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak tulangan yang dibutuhkan maka semakin kecil lebar retak yang

terjadi pada balok. Misalnya saja pada balok nomor 534, balok pada tumpuan pegas yang dihitung menggunakan metode *p-y curve* membutuhkan lebih banyak tulangan dari 6 buah dengan lebar retak 0,241 menjadi 8 buah dengan lebar retak yang lebih kecil menjadi 0,219 mm dan masih memenuhi syarat lebar retak pada beton interior yaitu kurang dari 0,4 mm.

4.2.3.2.2 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Tabel di bawah ini adalah tabel perbandingan lebar retak balok pada setiap momen tumpuan dan lapangan yang terjadi pada jika menggunakan tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *end bearing* dan *friction*. Pada tumpuan *end bearing* digunakan metode konvensional dengan perletakan jepit, sedangkan pada tumpuan *friction* digunakan metode *p-y curve* dimana P_{ijin} sebesar 0,6 dari *ultimate* dengan perletakan pegas. Pada perhitungan lebar retak, jumlah tulangan dapat mempengaruhi besarnya lebar retak. Jumlah tulangan tersebut telah didapat dari sub bab sebelumnya.

Tabel 4.7 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame		End Bearing				Friction			
		Konv.		<i>p-y curve 0,6ult</i>		Konv.		<i>p-y curve 0,6ult</i>	
408	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,241
408	lapangan	4	0,276	4	0,276	4	0,276	4	0,276
408	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	6	0,241
409	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,241
409	lapangan	4	0,276	4	0,276	4	0,276	4	0,276
409	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,241
511	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	8	0,219
511	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
511	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,241
518	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
518	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
518	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
534	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	10	0,203
534	lapangan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	8	0,219
534	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	4	0,276
535	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
535	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
535	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
551	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,191
551	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
551	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,241
552	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
552	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
552	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	10	0,203
568	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,191
568	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
568	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,241
569	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
569	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
569	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
585	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
585	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
585	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	6	0,241
586	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
586	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
586	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak tulangan yang dibutuhkan maka semakin kecil lebar retak yang

terjadi pada balok. Misalnya saja pada balok nomor 534, balok pada tumpuan pegas yang dihitung menggunakan metode *p-y curve* membutuhkan lebih banyak tulangan dari 6 buah menjadi 8 buah. Maka lebar retak yang terjadi lebih kecil yaitu 0,22 mm dan masih memenuhi syarat lebar retak pada beton interior yaitu kurang dari 0,4 mm.

4.2.3.2.3 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Tabel di bawah ini adalah tabel perbandingan lebar retak balok pada setiap momen tumpuan dan lapangan yang terjadi pada jika menggunakan tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *end bearing* dan *friction*. Pada tumpuan *end bearing* digunakan metode konvensional dengan perletakan jepit, sedangkan pada tumpuan *friction* digunakan metode *p-y curve* dimana P_{ijin} sebesar 0,9 dari *ultimate* dengan perletakan pegas. Pada perhitungan lebar retak, jumlah tulangan dapat mempengaruhi besarnya lebar retak. Jumlah tulangan tersebut telah didapat dari sub bab sebelumnya.

Tabel 4.8 Perbandingan Lebar Retak pada Metode Konvensional dan *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame		End Bearing				Friction			
		Konv.		<i>p-y curve 0,9ult</i>		Konv.		<i>p-y curve 0,9ult</i>	
408	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	8	0,241
408	lapangan	4	0,276	4	0,276	4	0,276	4	0,276
408	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	4	0,241
409	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	4	0,241
409	lapangan	4	0,276	4	0,276	4	0,276	4	0,276
409	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	10	0,241
511	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	6	0,219
511	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
511	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	8	0,241
518	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
518	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
518	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,219
534	tumpuan	6	0,241	6	0,241	6	0,241	10	0,219
534	lapangan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	8	0,219
534	tumpuan	6	0,241	8	0,219	6	0,241	4	0,241
535	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,219
535	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
535	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,219
551	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,203
551	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
551	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,219
552	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	4	0,219
552	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
552	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,203
568	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
568	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
568	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,219
569	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	6	0,219
569	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
569	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,203
585	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	10	0,203
585	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
585	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	6	0,219
586	tumpuan	8	0,219	10	0,203	8	0,219	6	0,219
586	lapangan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	8	0,219
586	tumpuan	8	0,219	8	0,219	8	0,219	12	0,203

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak tulangan yang dibutuhkan maka semakin kecil lebar retak yang terjadi pada balok. Misalnya saja pada balok nomor 408, balok

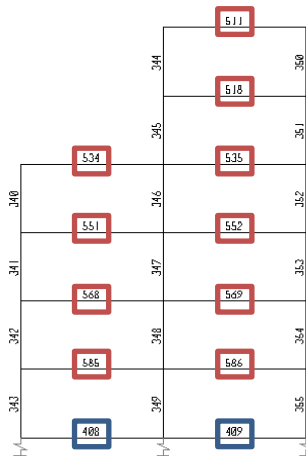
pada tumpuan pegas yang dihitung menggunakan metode *p-y curve* membutuhkan lebih banyak tulangan dari 6 buah menjadi 8 buah. Maka lebar retak yang terjadi lebih kecil yaitu 0,2191 mm dan masih memenuhi syarat lebar retak pada beton interior yaitu kurang dari 0,4 mm.

Kesimpulan dari perbandingan lebar retak balok pada tiga variasi diameter di atas yaitu :

1. Lebar retak pada balok paling kecil terjadi pada balok yang memiliki lebih banyak tulangan. Jumlah tulangan yang paling banyak terdapat pada balok dengan metode *p-y curve*. Sedangkan balok pada metode konvensional memiliki jumlah yang cenderung sama.

4.2.3.3 Hasil Defleksi Balok Metode *p-y curve*

Defleksi merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam suatu perencanaan gedung agar gedung tersebut bisa disebut suatu struktur yang layak. Apabila suatu gedung memiliki defleksi melebihi lendutan ijin maka struktur tersebut tidak layak. Pada balok yang berinteraksi langsung dengan pondasi *differential settlement* yang terjadi harus memenuhi syarat yaitu 0,002 rad sampai dengan 0,003 rad (NAVFAC, DM 7). Sedangkan syarat defleksi balok pada portal diatur dalam peraturan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1. Pada tugas akhir ini defleksi/lendutan yang diijinkan adalah $L/480$ atau 16,7 mm.



Gambar 4.6 Letak Balok-Balok Gedung yang Ditinjau dengan Persyaratan yang Ada

Ket :



: *Differential settlement* tanah di bawah struktur dihitung dengan persyaratan NAVFAC, DM 7 tabel 6.1



: Lendutan balok dihitung dengan persyaratan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1

Di bawah ini adalah perhitungan lendutan yang terjadi pada balok struktur gedung dengan menggunakan metode *p-y curve* pada setiap variasi tumpuan.

4.2.3.3.1 Defleksi Balok Struktur pada Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Pada tabel di bawah ini merupakan perhitungan *differential settlement* antara titik perletakan pada balok nomor 408 dan 409 struktur gedung.

Tabel 4.9 *Differential Settlement* Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame	Dif. settlement	Satuan
408	0,0025	rad
409	0,0025	rad

Tabel di bawah ini menunjukkan besar defleksi yang terjadi di setiap balok yang ditinjau pada perhitungan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *end bearing* menggunakan metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*. Perhitungan besar defleksi digunakan persyaratan defleksi dalam peraturan SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.1 untuk memenuhi persyaratan maksimum defleksi pada balok.

Tabel 4.10 Defleksi Balok dengan Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,0104	m
409	0,0103	m
585	0,0176	m
586	0,0176	m
551	0,0174	m
534	0,0159	m
568	0,0177	m
569	0,0176	m
552	0,0176	m
535	0,0177	m
518	0,0184	m
511	0,0174	m

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa *differential settlement* antara titik perletakan memenuhi persyaratan dalam NAVFAC, DM 7. Tetapi defleksi yang terjadi hampir di semua balok pada portal tidak memenuhi syarat defleksi yang diijinkan yaitu kurang dari 16,7 mm atau 0,0167 m.

4.2.3.3.2 Defleksi Balok Struktur pada Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Pada tabel di bawah ini merupakan perhitungan *differential settlement* antara titik perletakan pada balok nomor 408 dan 409 struktur gedung.

Tabel 4.11 *Differential Settlement* Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame	Dif. settlement	Satuan
408	0,0026	rad
409	0,00258	rad

Tabel di bawah ini menunjukkan besar defleksi yang terjadi di setiap balok yang ditinjau pada perhitungan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *end bearing* menggunakan metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*. Perhitungan besar defleksi digunakan persyaratan defleksi dalam peraturan SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.1 untuk memenuhi persyaratan maksimum defleksi pada balok.

Tabel 4.12 Defleksi Balok dengan Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,0104	m
409	0,0104	m
585	0,0176	m
586	0,0176	m
551	0,0174	m
534	0,0160	m
568	0,0177	m
569	0,0176	m
552	0,0176	m
535	0,0177	m
518	0,0183	m
511	0,0173	m

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa *differential settlement* antara titik perletakan memenuhi persyaratan dalam NAVFAC, DM 7. Tetapi defleksi yang terjadi hampir di semua balok pada portal tidak memenuhi syarat defleksi yang diijinkan yaitu kurang dari 16,7 mm atau 0,0167 m.

4.2.3.3.3 Defleksi Balok Struktur pada Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Pada tabel di bawah ini merupakan perhitungan *differential settlement* antara titik perletakan pada balok nomor 408 dan 409 struktur gedung.

Tabel 4.13 *Differential Settlement* Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame	Dif. settlement	Satuan
408	0,003	rad
409	0,003	rad

Tabel di bawah ini menunjukkan besar defleksi yang terjadi di setiap balok yang ditinjau pada perhitungan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *end bearing* menggunakan metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*. Perhitungan besar defleksi digunakan persyaratan defleksi dalam peraturan SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.1 untuk memenuhi persyaratan maksimum defleksi pada balok.

Tabel 4.14 Defleksi Balok dengan Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,0106	m
409	0,0107	m
585	0,0176	m
568	0,0178	m
551	0,0174	m

534	0,0162	m
586	0,0177	m
569	0,0177	m
552	0,0177	m
535	0,0178	m
518	0,0183	m
511	0,0173	m

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa *differential settlement* antara titik perletakan memenuhi persyaratan dalam NAVFAC, DM 7. Tetapi defleksi yang terjadi hampir di semua balok pada portal tidak memenuhi syarat defleksi yang diijinkan yaitu kurang dari 16,7 mm atau 0,167 m.

4.2.3.3.4 Defleksi Balok Struktur pada Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Pada tabel di bawah ini merupakan perhitungan *differential settlement* antara titik perletakan pada balok nomor 408 dan 409 struktur gedung.

Tabel 4.15 *Differential Settlement* Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame	Dif. settlement	Satuan
408	0,003	rad
409	0,003	rad

Tabel di bawah ini menunjukkan besar defleksi yang terjadi di setiap balok yang ditinjau pada perhitungan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *friction* menggunakan metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*.

Perhitungan besar defleksi digunakan persyaratan defleksi dalam peraturan SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.1 untuk memenuhi persyaratan maksimum defleksi pada balok.

Tabel 4.16 Defleksi Balok dengan Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,0107	m
409	0,0105	m
585	0,0175	m
568	0,0177	m
551	0,0173	m
534	0,0162	m
586	0,0176	m
569	0,0176	m
552	0,0176	m
535	0,0178	m
518	0,0182	m
511	0,0173	m

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa *differential settlement* antara titik perletakan memenuhi persyaratan dalam NAVFAC, DM 7. Tetapi defleksi yang terjadi hampir di semua balok pada portal tidak memenuhi syarat defleksi yang diijinkan yaitu kurang dari 16,7 mm atau 0,0167 m.

4.2.3.3.5 Defleksi Balok Struktur pada Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Pada tabel di bawah ini merupakan perhitungan *differential settlement* antara titik perletakan pada balok nomor 408 dan 409 struktur gedung.

Tabel 4.17 *Differential Settlement* Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame	Dif. settlement	Satuan
408	0,003	rad
409	0,003	rad

Tabel di bawah ini menunjukkan besar defleksi yang terjadi di setiap balok yang ditinjau pada perhitungan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *friction* menggunakan metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*. Perhitungan besar defleksi digunakan persyaratan defleksi dalam peraturan SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.1 untuk memenuhi persyaratan maksimum defleksi pada balok.

Tabel 4.18 Defleksi Balok dengan Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,012	m
409	0,012	m
585	0,018	m
568	0,018	m
551	0,018	m
534	0,018	m
586	0,018	m

569	0,018	m
552	0,018	m
535	0,018	m
518	0,018	m
511	0,017	m

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa *differential settlement* antara titik perletakan memenuhi persyaratan dalam NAVFAC, DM 7. Tetapi defleksi yang terjadi hampir di semua balok pada portal tidak memenuhi syarat defleksi yang diijinkan yaitu kurang dari 16,7 mm atau 0,0167 m.

4.2.3.3.6 Defleksi Balok Struktur pada Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Pada tabel di bawah ini merupakan perhitungan *differential settlement* antara titik perletakan pada balok nomor 408 dan 409 struktur gedung.

Tabel 4.19 *Differential Settlement* Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame	Dif. settlement	Satuan
408	0,003	rad
409	0,003	rad

Tabel di bawah ini menunjukkan besar defleksi yang terjadi di setiap balok yang ditinjau pada perhitungan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan tumpuan *friction* menggunakan metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*. Perhitungan besar defleksi digunakan persyaratan defleksi dalam peraturan SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.1 untuk memenuhi persyaratan maksimum defleksi pada balok.

Tabel 4.20 Defleksi Balok dengan Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,011	m
409	0,011	m
585	0,017	m
568	0,018	m
551	0,017	m
534	0,017	m
586	0,017	m
569	0,018	m
552	0,018	m
535	0,018	m
518	0,018	m
511	0,017	m

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa *differential settlement* antara titik perletakan memenuhi persyaratan dalam NAVFAC, DM 7. Tetapi defleksi yang terjadi hampir di semua balok pada portal tidak memenuhi syarat defleksi yang diijinkan yaitu kurang dari 16,7 mm atau 0,0167 m.

Kesimpulan dari hasil perhitungan defleksi balok pada tiga variasi diameter di atas yaitu :

1. Nilai defleksi balok pada metode *p-y curve* hampir semua balok pada portal yang dihitung tidak memenuhi defleksi yang diijinkan yaitu 16,7 mm atau 0,0167 m.
2. Harus dilakukan perencanaan alternatif agar defleksi pada balok memenuhi defleksi yang diijinkan oleh peraturan.

4.3 Pembesaran Dimensi Balok Menjadi 60 cm x 90 cm

Pada sub bab sebelumnya telah diketahui bahwa terjadi defleksi yang besar pada balok gedung dengan perhitungan perletakan pegas menggunakan metode *p-y curve* sehingga tidak memenuhi syarat yang diijinkan dalam peraturan agar struktur gedung tersebut layak. Untuk itu perlu adanya cara agar defleksi tersebut memenuhi syarat. Cara tersebut adalah dengan melakukan pembesaran dimensi pada balok. Pembesaran balok dilakukan terhadap balok yang memiliki defleksi melebihi persyaratan yang telah ditentukan dalam peraturan. Pada perhitungan preliminary desain digunakan balok dengan dimensi 40 cm x 60 cm. Tetapi balok dengan dimensi tersebut belum cukup mampu untuk memikul beban yang ada sehingga perlu dibesarkan untuk mencapai defleksi yang diijinkan. Pembesaran dimensi pada balok-balok tersebut menjadi 60 cm x 90 cm. Setelah dilakukan pembesaran dimensi balok yang dimasukkan dalam *SAP2000* maka dilakukan pengecekan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, jumlah tulangan, lebar retak, dan defleksi yang terjadi pada dimensi balok yang baru.

4.3.1. Jumlah Tiang Pancang yang Dibutuhkan Setelah Pembesaran Balok 60 cm x 90 cm

Tabel di bawah ini merupakan hasil perhitungan tiang pancang diameter 60 cm yang dibutuhkan setelah dilakukan pembesaran balok 60 cm x 90 cm.

Tabel 4.21 Jumlah Tiang yang Dibutuhkan Setelah Pembesaran Dimensi Balok Menjadi 60 cm x 90 cm

joint	end bearing				friction			
	konv.	p-y curve			konv.	p-y curve		
		0,3Qult	0,6Qult	0,9P		0,3P	0,6P	0,9P
122	6	6	4	2	9	12	6	3
123	8	9	6	3	14	14	8	6
124	15	15	8	6	24	24	10	8
125	9	10	6	4	15	16	8	6
127	15	15	8	6	24	24	10	8
128	9	10	6	4	15	16	8	6
130	8	9	6	3	14	14	8	6
131	6	6	4	2	9	12	6	3
221	4	4	2	2	6	8	3	2
224	6	8	4	2	10	12	6	4
226	6	8	4	2	10	12	6	4
228	4	4	2	2	6	8	3	2
Jumlah	96	104	60	38	156	172	82	58

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada beberapa metode terdapat penambahan jumlah tiang pancang setelah dilakukan pembesaran balok. jumlah tiang pada balok 40 cm x 60 cm dapat dilihat dalam sub bab sebelumnya.

4.3.2. Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan Setelah Pembesaran Balok 60 cm x 90 cm

Dimensi balok yang berubah menjadi lebih besar berakibat berubahnya jumlah tulangan yang dibutuhkan pada suatu balok. Di bawah ini merupakan hasil perbandingan jumlah tulangan yang dibutuhkan sebelum dan sesudah dilakukan pembesaran balok pada perhitungan pondasi tiang pancang menggunakan tumpuan *end bearing* dan *friction* dengan metode *p-y curve*.

4.3.2.1 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil perbandingan jumlah tulangan balok 40 cm x 60 cm dan 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Tabel 4.22 Perbandingan Jumlah Tulangan Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate* Setelah Pembesaran Dimensi Balok

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		40x60	60x90	40x60	60x90
408	tumpuan	6	4	6	4
408	lapangan	4	4	4	4
408	tumpuan	6	4	6	4
409	tumpuan	6	4	6	4
409	lapangan	4	4	4	4
409	tumpuan	6	4	6	4
511	tumpuan	6	4	6	4
511	lapangan	8	8	8	8
511	tumpuan	6	6	8	4
518	tumpuan	8	6	8	6
518	lapangan	8	8	8	8
518	tumpuan	8	6	10	6
534	tumpuan	8	6	8	8
534	lapangan	8	8	8	8
534	tumpuan	8	6	6	4
535	tumpuan	8	6	8	4

535	lapangan	8	8	8	8
535	tumpuan	8	6	10	8
551	tumpuan	10	8	10	10
551	lapangan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	6	8	4
552	tumpuan	8	6	8	4
552	lapangan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	8	10	10
568	tumpuan	8	8	10	10
568	lapangan	8	8	8	8
568	tumpuan	8	6	8	4
569	tumpuan	8	8	8	4
569	lapangan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	6	10	10
585	tumpuan	8	6	8	10
585	lapangan	8	8	8	8
585	tumpuan	8	8	8	4
586	tumpuan	10	8	8	4
586	lapangan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	6	10	10

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pembesaran dimensi balok, jumlah tulangan yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit.

4.3.2.2 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil perbandingan jumlah tulangan balok 40 cm x 60 cm dan 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Tabel 4.23 Perbandingan Jumlah Tulangan Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate* Setelah Pembesaran Dimensi Balok

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		40x60	60x90	40x60	60x90
408	tumpuan	6	4	6	6
408	lapangan	4	4	4	4
408	tumpuan	8	4	6	4
409	tumpuan	6	4	6	4
409	lapangan	4	4	4	4
409	tumpuan	6	4	6	6
511	tumpuan	6	4	8	4
511	lapangan	8	8	8	8
511	tumpuan	6	6	6	6
518	tumpuan	8	6	8	6
518	lapangan	8	8	8	8
518	tumpuan	8	6	8	8
534	tumpuan	6	6	10	8
534	lapangan	8	8	8	8
534	tumpuan	8	6	4	2
535	tumpuan	8	6	8	4

535	lapangan	8	8	8	8
535	tumpuan	8	6	8	10
551	tumpuan	8	8	12	12
551	lapangan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	6	6	2
552	tumpuan	8	6	8	2
552	lapangan	8	8	8	8
552	tumpuan	10	8	10	10
568	tumpuan	8	8	12	12
568	lapangan	8	8	8	8
568	tumpuan	8	6	6	2
569	tumpuan	8	6	8	2
569	lapangan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	8	10	10
585	tumpuan	8	6	10	12
585	lapangan	8	8	8	8
585	tumpuan	10	8	6	2
586	tumpuan	8	8	8	4
586	lapangan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	6	8	10

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pembesaran dimensi balok, jumlah tulangan yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit.

4.3.2.3 Hasil Perbandingan Jumlah Tulangan pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil perbandingan jumlah tulangan balok 40 cm x 60 cm dan 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Tabel 4.24 Perbandingan Jumlah Tulangan Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate* Setelah Pembesaran Dimensi Balok

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		40x60	60x90	40x60	60x90
408	tumpuan	6	4	6	4
408	lapangan	4	4	4	4
408	tumpuan	8	4	6	4
409	tumpuan	8	4	6	4
409	lapangan	4	4	4	4
409	tumpuan	6	4	6	4
511	tumpuan	6	4	8	4
511	lapangan	8	8	8	6
511	tumpuan	6	6	6	6
518	tumpuan	8	6	8	6
518	lapangan	8	8	8	8
518	tumpuan	8	6	8	8
534	tumpuan	6	6	8	8
534	lapangan	8	6	8	8
534	tumpuan	8	6	6	2
535	tumpuan	8	6	8	4

535	lapangan	8	8	8	8
535	tumpuan	8	6	8	10
551	tumpuan	8	8	10	10
551	lapangan	8	8	8	8
551	tumpuan	8	6	8	4
552	tumpuan	8	6	8	4
552	lapangan	8	8	8	8
552	tumpuan	8	8	10	10
568	tumpuan	8	6	10	10
568	lapangan	8	8	8	8
568	tumpuan	8	8	8	4
569	tumpuan	8	8	8	4
569	lapangan	8	8	8	8
569	tumpuan	8	6	10	10
585	tumpuan	8	6	10	10
585	lapangan	8	8	8	8
585	tumpuan	10	8	8	4
586	tumpuan	10	8	8	4
586	lapangan	8	8	8	8
586	tumpuan	8	6	10	10

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pembesaran dimensi balok, jumlah tulangan yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit.

4.3.3. Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok Setelah Pembesaran Dimensi 60 cm x 90 cm

Pada sub bab sebelumnya telah dilakukan perhitungan jumlah tulangan akibat pembesaran dimensi balok. Pembesaran dimensi balok ini mengakibatkan jumlah tulangan menjadi lebih sedikit yang dapat memperbesar lebar balok, untuk itu dilakukan pengecekan lebar retak terhadap dimensi balok 60 cm x 90 cm.

4.3.3.1 Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan lebar retak balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Tabel 4.25 Lebar Retak Balok Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate* Setelah Pembesaran Dimensi Balok

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Jml. Tul.	Retak	Jml. Tul.	Retak
408	tumpuan	4	0,316	4	0,3159397
408	lapangan	4	0,316	4	0,3159397
408	tumpuan	4	0,316	4	0,3159397
409	tumpuan	4	0,316	4	0,3159397
409	lapangan	4	0,316	4	0,3159397
409	tumpuan	4	0,316	4	0,3159397
511	tumpuan	4	0,316	4	0,3159397
511	lapangan	8	0,251	8	0,2507615

511	tumpuan	6	0,276	4	0,3159397
518	tumpuan	6	0,276	6	0,2759987
518	lapangan	8	0,251	8	0,2507615
518	tumpuan	6	0,276	6	0,2759987
534	tumpuan	6	0,276	8	0,2507615
534	lapangan	8	0,251	8	0,2507615
534	tumpuan	6	0,276	4	0,3159397
535	tumpuan	6	0,276	4	0,3159397
535	lapangan	8	0,251	8	0,2507615
535	tumpuan	6	0,276	8	0,2507615
551	tumpuan	8	0,251	10	0,2327863
551	lapangan	8	0,251	8	0,2507615
551	tumpuan	6	0,276	4	0,3159397
552	tumpuan	6	0,276	4	0,3159397
552	lapangan	8	0,251	8	0,2507615
552	tumpuan	8	0,251	10	0,2327863
568	tumpuan	8	0,251	10	0,2327863
568	lapangan	8	0,251	8	0,2507615
568	tumpuan	6	0,276	4	0,3159397
569	tumpuan	8	0,251	4	0,3159397
569	lapangan	8	0,251	8	0,2507615
569	tumpuan	6	0,276	10	0,2327863
585	tumpuan	6	0,276	10	0,2327863
585	lapangan	8	0,251	8	0,2507615
585	tumpuan	8	0,251	4	0,3159397
586	tumpuan	8	0,251	4	0,3159397

586	lapangan	8	0,251	8	0,2507615
586	tumpuan	6	0,276	10	0,2327863

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semua lebar retak pada balok 60 cm x 90 cm memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,4 mm.

4.3.3.2 Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan lebar retak balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Tabel 4.26 Lebar Retak Balok Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate* Setelah Pembesaran Dimensi Balok

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Jml. Tul.	Retak	Jml. Tul.	Retak
408	tumpuan	4	0,316	6	0,276
408	lapangan	4	0,316	4	0,316
408	tumpuan	4	0,316	4	0,316
409	tumpuan	4	0,316	4	0,316
409	lapangan	4	0,316	4	0,316
409	tumpuan	4	0,316	6	0,276
511	tumpuan	4	0,316	4	0,316
511	lapangan	8	0,251	8	0,251
511	tumpuan	6	0,276	6	0,276
518	tumpuan	6	0,276	6	0,276

518	lapangan	8	0,251	8	0,251
518	tumpuan	6	0,276	8	0,251
534	tumpuan	6	0,276	8	0,251
534	lapangan	8	0,251	8	0,251
534	tumpuan	6	0,276	2	0,398
535	tumpuan	6	0,276	4	0,316
535	lapangan	8	0,251	8	0,251
535	tumpuan	6	0,276	10	0,233
551	tumpuan	8	0,251	12	0,219
551	lapangan	8	0,251	8	0,251
551	tumpuan	6	0,276	2	0,398
552	tumpuan	6	0,276	2	0,398
552	lapangan	8	0,251	8	0,251
552	tumpuan	8	0,251	10	0,233
568	tumpuan	8	0,251	12	0,219
568	lapangan	8	0,251	8	0,251
568	tumpuan	6	0,276	2	0,398
569	tumpuan	6	0,276	2	0,398
569	lapangan	8	0,251	8	0,251
569	tumpuan	8	0,251	10	0,233
585	tumpuan	6	0,276	12	0,219
585	lapangan	8	0,251	8	0,251
585	tumpuan	8	0,251	2	0,398
586	tumpuan	8	0,251	4	0,316
586	lapangan	8	0,251	8	0,251
586	tumpuan	6	0,276	10	0,233

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semua lebar retak pada balok 60 cm x 90 cm memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,4 mm.

4.3.3.3 Hasil Pengecekan Lebar Retak Balok pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan lebar retak balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* dan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 $ultimate$

Tabel 4.27 Lebar Retak Balok Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate* Setelah Pembesaran Dimensi Balok

Frame		<i>End Bearing</i>		<i>Friction</i>	
		Jml. Tul.	Retak	Jml. Tul.	Retak
408	tumpuan	4	0,316	4	0,316
408	lapangan	4	0,316	4	0,316
408	tumpuan	4	0,316	4	0,316
409	tumpuan	4	0,316	4	0,316
409	lapangan	4	0,316	4	0,316
409	tumpuan	4	0,316	4	0,316
511	tumpuan	4	0,316	4	0,316
511	lapangan	8	0,251	6	0,276
511	tumpuan	6	0,276	6	0,276
518	tumpuan	6	0,276	6	0,276
518	lapangan	8	0,251	8	0,251
518	tumpuan	6	0,276	8	0,251

534	tumpuan	6	0,276	8	0,251
534	lapangan	6	0,276	8	0,251
534	tumpuan	6	0,276	2	0,398
535	tumpuan	6	0,276	4	0,316
535	lapangan	8	0,251	8	0,251
535	tumpuan	6	0,276	10	0,233
551	tumpuan	8	0,251	10	0,233
551	lapangan	8	0,251	8	0,251
551	tumpuan	6	0,276	4	0,316
552	tumpuan	6	0,276	4	0,316
552	lapangan	8	0,251	8	0,251
552	tumpuan	8	0,251	10	0,233
568	tumpuan	6	0,276	10	0,233
568	lapangan	8	0,251	8	0,251
568	tumpuan	8	0,251	4	0,316
569	tumpuan	8	0,251	4	0,316
569	lapangan	8	0,251	8	0,251
569	tumpuan	6	0,276	10	0,233
585	tumpuan	6	0,276	10	0,233
585	lapangan	8	0,251	8	0,251
585	tumpuan	8	0,251	4	0,316
586	tumpuan	8	0,251	4	0,316
586	lapangan	8	0,251	8	0,251
586	tumpuan	6	0,276	10	0,233

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semua lebar retak pada balok 60 cm x 90 cm memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,4 mm.

4.3.4. Hasil Pengecekan Defleksi Balok Setelah Pembesaran Dimensi 60 cm x 90 cm

Pembesaran dimensi balok dapat mengubah defleksi yang ada pada suatu balok. Semakin besar dimensi suatu balok maka semakin kecil defleksi yang dihasilkan.

4.3.4.1 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan *End Bearing* pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan defleksi balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 $ultimate$

Tabel 4.28 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,0104	m
409	0,0104	m
585	0,006	m
568	0,006	m
551	0,006	m
534	0,006	m

586	0,006	m
569	0,006	m
552	0,006	m
535	0,006	m
518	0,007	m
511	0,007	m

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semua defleksi pada balok memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,167 m.

4.3.4.2 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan *End Bearing* pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan defleksi balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 $ultimate$

Tabel 4.29 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,010	m
409	0,010	m
585	0,006	m
568	0,006	m
551	0,006	m
534	0,006	m
586	0,006	m

569	0,006	m
552	0,006	m
535	0,006	m
518	0,007	m
511	0,007	m

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semua defleksi pada balok memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,167 m.

4.3.4.3 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan *End Bearing* pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan defleksi balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *end bearing* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 $_{ultimate}$.

Tabel 4.30 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,010	m
409	0,010	m
585	0,006	m
568	0,006	m
551	0,006	m

534	0,006	m
586	0,006	m
569	0,006	m
552	0,006	m
535	0,006	m
518	0,007	m
511	0,007	m

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semua defleksi pada balok memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,167 m.

4.3.4.4 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan *Friction* pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan defleksi balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Tabel 4.31 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,3 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,011	m
409	0,011	m
585	0,007	m
568	0,007	m
551	0,007	m

534	0,008	m
586	0,007	m
569	0,007	m
552	0,007	m
535	0,007	m
518	0,006	m
511	0,007	m

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semua defleksi pada balok memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,167 m.

4.3.4.5 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan *Friction* pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan defleksi balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Tabel 4.32 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,6 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,111	m
409	0,011	m
585	0,007	m
568	0,007	m
551	0,007	m

534	0,008	m
586	0,007	m
569	0,007	m
552	0,007	m
535	0,007	m
518	0,006	m
511	0,007	m

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semua defleksi pada balok memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,167 m.

4.3.4.6 Hasil Pengecekan Defleksi Balok Struktur Tumpuan *Friction* pada Metode *p-y curve* P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Di bawah ini adalah tabel hasil pengecekan defleksi balok 60 cm x 90 cm pada perhitungan pondasi tiang pancang tumpuan *friction* pada metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Tabel 4.33 Defleksi Balok 60 cm x 90 cm dengan Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate*

Frame	Defleksi	Satuan
408	0,011	m
409	0,011	m
585	0,006	m
568	0,006	m
551	0,006	m

534	0,007	m
586	0,006	m
569	0,006	m
552	0,006	m
535	0,007	m
518	0,006	m
511	0,007	m

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semua defleksi pada balok memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam peraturan yaitu kurang dari 0,167 m.

Kesimpulan dari hasil perhitungan lebar retak dan defleksi balok dimensi 60 cm x 90 cm yaitu :

1. Lebar retak yang terjadi pada setiap balok gedung struktur memenuhi persyaratan yang diijinkan yaitu kurang dari 0,4 mm.
2. Defleksi yang terjadi pada setiap balok gedung struktur memenuhi persyaratan yang diijinkan yaitu kurang dari 0,167 m.

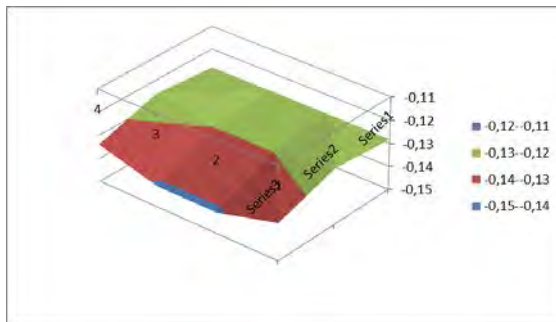
4.3.5. Hasil Perhitungan Penurunan Merata Tanah Pada Metode *p-y curve*

Untuk memperoleh jumlah tiang pancang yang sebenarnya pada metode *p-y curve* yang dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung pemampatan tanah yang terjadi di bawah struktur gedung. Pemampatan tersebut harus merata agar tidak terjadi perbedaan penurunan tanah yang besar di setiap titik perletakan. Untuk itu harus dilakukan beberapa kali iterasi agar menghasilkan

pemampatan yang merata dengan syarat perbedaan penurunan yang ada pada tabel 6.1 (NAFVAC, DM7) dan jumlah tiang yang dibutuhkan untuk menopang struktur tidak berubah. Hasil dari perhitungan pemampatan merata di tanah bawah struktur setiap metode adalah sebagai berikut.

4.3.5.1 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm Kedalaman 21 meter *End bearing pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

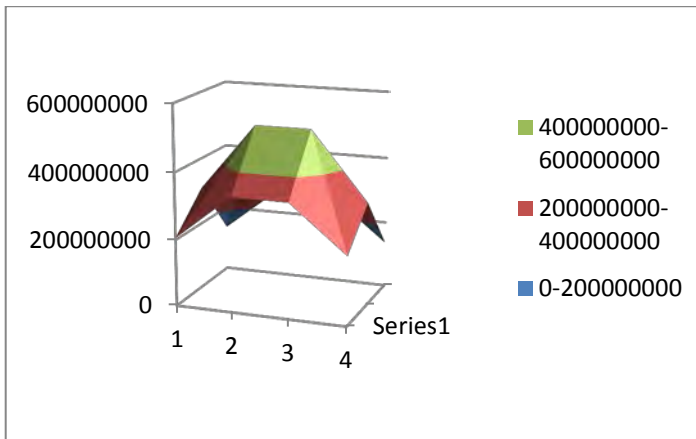
Gambar 4.5 menunjukkan penurunan (*settlement*) pada tanah dasar struktur gedung di setiap perletakan/tumpuan dengan menggunakan tiang pancang diameter 60 cm.



Gambar 4.7 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *End Bearing Pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa penurunan tanah yang terjadi di bawah setiap perletakan struktur terjadi hampir merata. Hal ini dapat ditunjukkan dari grafik yang hampir seluruhnya berwarna sama.

Di bawah ini adalah grafik nilai k (koefisien pegas) yang terjadi di setiap titik perletakan struktur

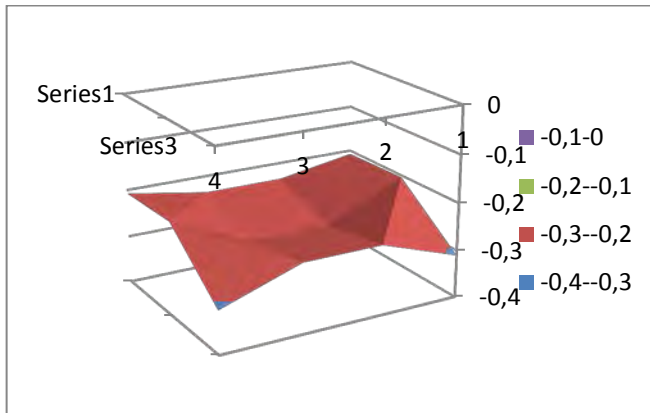


Gambar 4.8 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *End Bearing Pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai k terbesar terjadi di titik perletakan di tengah struktur. Hal ini dikarenakan beban terbesar terjadi di titik perletakan struktur tersebut sehingga menghasilkan nilai k yang besar.

4.3.5.2 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm Kedalaman 21 meter *End Bearing Pile* dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$

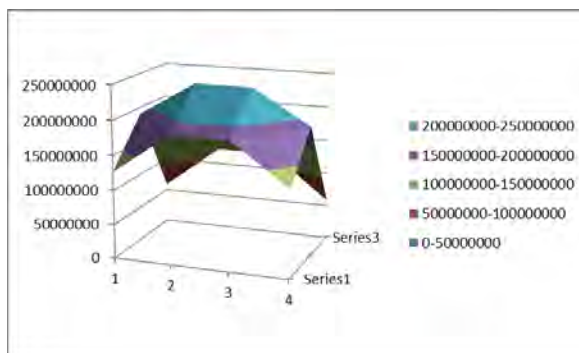
Gambar 4.7 menunjukkan penurunan (*settlement*) pada tanah dasar struktur gedung di setiap perletakan/tumpuan dengan menggunakan tiang pancang diameter 60 cm.



Gambar 4.9 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *End Bearing Pile* dengan P_{ijin} 0,6ultimate

Penurunan yang terjadi disetiap titik sudah merata seperti yang terlihat pada gambar 4.7.

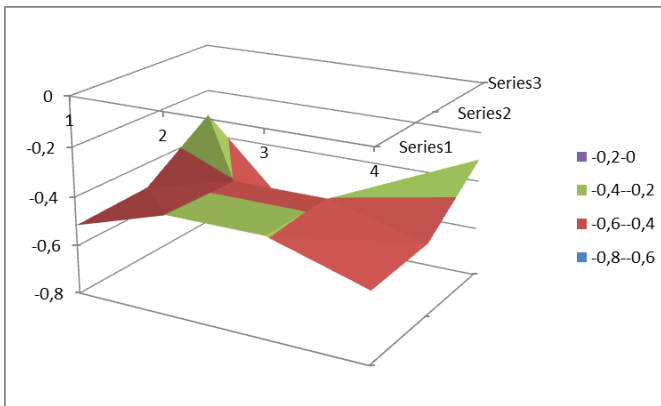
Di bawah ini adalah grafik nilai k (koefisien pegas) yang terjadi di setiap titik perletakan struktur.



Gambar 4.10 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *End Bearing Pile* dengan P_{ijin} 0,9ultimate

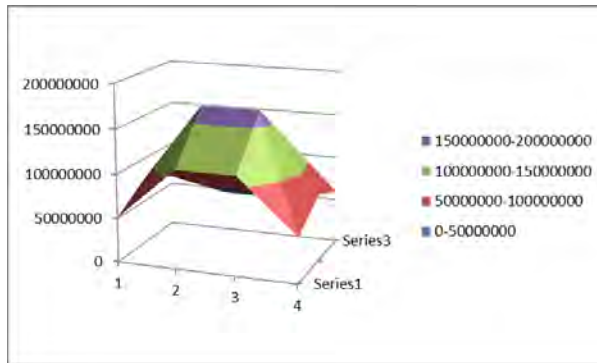
Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai k terbesar terjadi di titik perletakan di tengah struktur. Hal ini dikarenakan beban terbesar terjadi di titik perletakan struktur tersebut sehingga menghasilkan nilai k yang besar.

4.3.5.3 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm Kedalaman 21 meter *End Bearing Pile* dengan P_{ijin} 0,9ultimate



Gambar 4.11 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *End Bearing Pile* dengan P_{ijin} 0,9ultimate

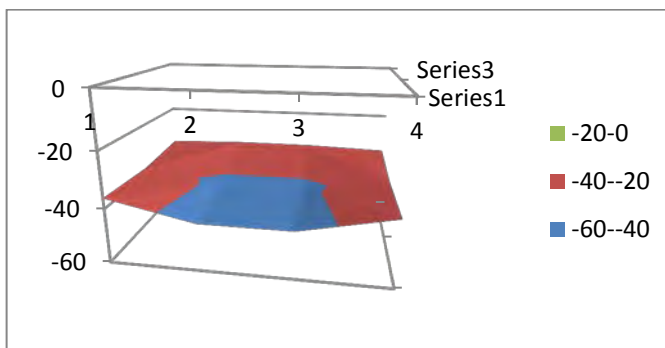
Pada P_{ijin} sama dengan 0,9 ultimate, Semakin ketengah penurunan yang terjadi semakin besar.



Gambar 4.12 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *End Bearing Pile* dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$

4.3.5.4 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm Kedalaman 17,5 meter *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

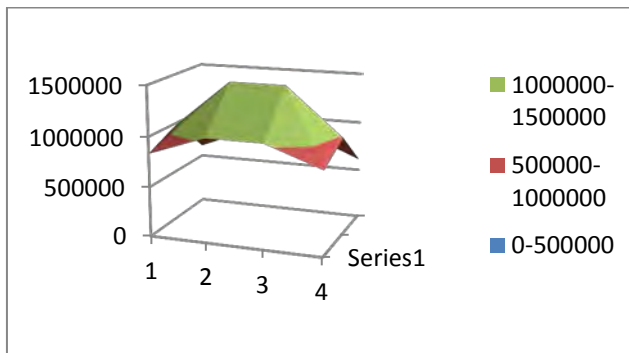
Gambar 4.11 menunjukkan penurunan (*settlement*) pada tanah dasar struktur gedung di setiap perletakan/tumpuan dengan menggunakan tiang pancang diameter 60 cm.



Gambar 4.13 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa penurunan tanah yang terjadi di bawah setiap perletakan struktur terjadi hampir merata. Hal ini dapat ditunjukkan dari grafik yang hampir seluruhnya berwarna sama.

Di bawah ini adalah grafik nilai k (koefisien pegas) yang terjadi di setiap titik perletakan struktur.

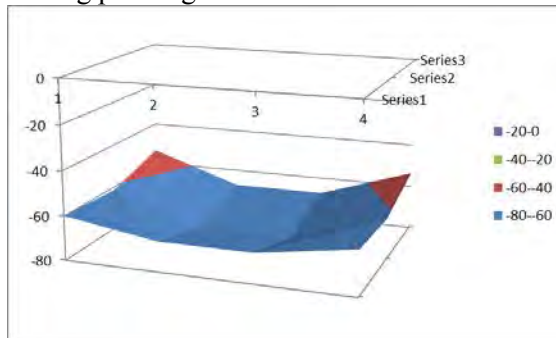


Gambar 4.14 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,3ultimate$

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai k terbesar terjadi di titik perletakan di tengah struktur. Hal ini dikarenakan beban terbesar terjadi di titik perletakan struktur tersebut sehingga menghasilkan nilai k yang besar.

4.3.5.5 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm Kedalaman 36 meter *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$

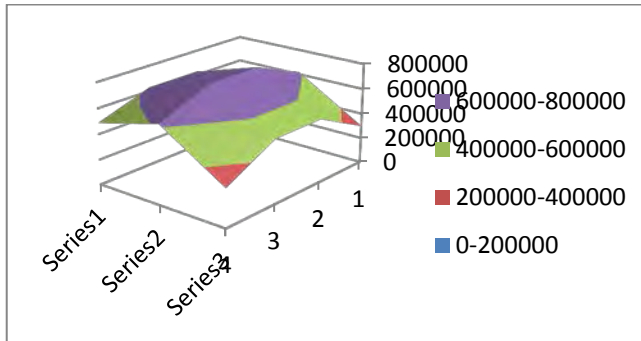
Gambar 4.13 menunjukkan penurunan (*settlement*) pada tanah dasar struktur gedung di setiap perletakan/tumpuan dengan menggunakan tiang pancang diameter 60 cm.



Gambar 4.15 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,6ultimate$

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa penurunan tanah yang terjadi di bawah setiap perletakan struktur terjadi hampir merata. Hal ini dapat ditunjukkan dari grafik yang hampir seluruhnya berwarna sama.

Di bawah ini adalah grafik nilai k (koefisien pegas) yang terjadi di setiap titik perletakan struktur.

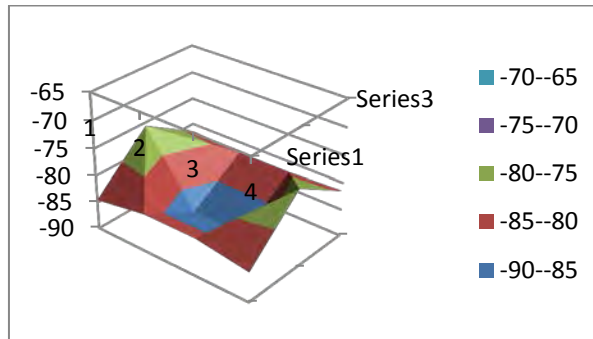


Gambar 4.16 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *Friction Pile* dengan P_{ijin} 0,6ultimate

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai k terbesar terjadi di titik perletakan di tengah struktur. Hal ini dikarenakan beban terbesar terjadi di titik perletakan struktur tersebut sehingga menghasilkan nilai k yang besar.

4.3.5.6 Pemampatan Tanah Struktur Gedung dengan Tiang Pancang Diameter 60 cm Kedalaman 36 meter *Friction Pile* dengan P_{ijin} 0,9ultimate

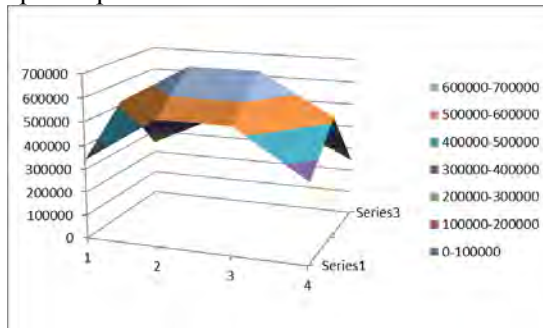
Gambar 4.15 menunjukkan penurunan (*settlement*) pada tanah dasar struktur gedung di setiap perletakan/tumpuan dengan menggunakan tiang pancang diameter 60 cm.



Gambar 4.17 Penurunan Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa penurunan tanah yang terjadi di bawah setiap perletakan struktur terjadi hampir merata. Hal ini dapat ditunjukkan dari grafik yang hampir seluruhnya berwarna sama.

Di bawah ini adalah grafik nilai k (koefisien pegas) yang terjadi di setiap titik perletakan struktur.



Gambar 4.18 Nilai k Tanah Struktur Gedung di Semua Perletakan *Friction Pile* dengan $P_{ijin} 0,9ultimate$

4.4 RENCANA ANGGARAN BIAYA

Perhitungan perencanaan anggaran biaya adalah hal penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan pembangunan. Untuk itu harus dilakukan beberapa perhitungan perencanaan agar biaya yang dikeluarkan untuk membangun suatu struktur dapat hemat dan efisien. Di bawah ini adalah tabel anggaran biaya yang dikeluarkan dari perhitungan pondasi tiang pancang dan struktur gedung yang telah dibahas dalam sub bab sebelumnya berdasarkan biaya volume bahan.

4.4.1 *End Bearing Konvensional*

Tabel 4.34 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan *End Bearing* Metode Konvensional

STRUKTUR								
Elemen	Dimensi (cm x cm)			L (meter)	n	Volume (m3)	Harga Satuan (Rp/m3)	Harga
balok&sloof	40	x	60	8	105	201,6	Rp 1.053.425	Rp212.370.449,76
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp 1.053.425	Rp 132.141.613,18
							Jumlah	Rp344.512.062,94
TIANG PANCANG								
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga
	(cm)			(m)		(Rp/1m)	(Rp/m)	(Rp)
Tiang pancang	60		96	21	2016	Rp142.900,00	Rp71.482,20	Rp432.194.515,20
							Jumlah biaya	Rp776.706.578,14

4.4.2 *Friction Konvensional*

Tabel 4.35 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan *Friction* Metode Konvensional

STRUKTUR								
Elemen	Dimensi (cm x cm)			L (meter)	n	Volume (m3)	Harga Satuan (Rp/m3)	Harga
balok&sloof	40	x	60	8	105	201,6	Rp1.053.425	Rp212.370.449,76
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp1.053.425	Rp132.141.613,18
							Jumlah	Rp344.512.062,94
TIANG PANGCANG								
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga
	(cm)			(m)		(Rp/1m)		
Tiang pancang	60		156	17,5	2730	Rp142.900,00	Rp71.482,20	Rp585.263.406,00
4yili,,,							Jumlah biaya	Rp929.775.468,94

4.4.3 End Bearing p - y curve 0,3 ultimate

Tabel 4.36 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan *End Bearing* Metode p - y curve 0,3 ultimate

STRUKTUR								
Elemen	Dimensi (cm x cm)			L (meter)	n	Volume (m3)	Harga Satuan (Rp/m3)	Harga
sloof	40	x	60	8	17	32,64	Rp1.053.425	Rp34.383.787,10
balok	40	x	60	8	68	130,56	Rp1.053.425	Rp137.535.148,42
balok	60	x	90	8	20	86,4	Rp1.053.425	Rp91.015.907,04
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp1.053.425	Rp132.141.613,18
							Jumlah	Rp395.076.455,74
TIANG PANCANG								
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga
	(cm)			(m)		(Rp/1m)		(Rp/m)
Tiang pancang	60		104	21	2184	Rp142.900,00	Rp71.482,20	Rp468.210.724,80
							Jumlah biaya	Rp863.287.180,54

4.4.4 *End Bearing p-y curve 0,6 ultimate*

Tabel 4.37 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan *End Bearing* Metode *p-y curve 0,6 ultimate*

STRUKTUR								
Elemen	Dimensi (cm x cm)			L (meter)	n	Volume (m3)	Harga Satuan (Rp/m3)	Harga
sloof	40	x	60	8	17	32,64	Rp 1.053.425	Rp 34.383.787,10
balok	40	x	60	8	68	130,56	Rp 1.053.425	Rp 137.535.148,42
balok	60	x	90	8	20	86,4	Rp 1.053.425	Rp 91.015.907,04
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp 1.053.425	Rp 132.141.613,18
							Jumlah	Rp 395.076.455,74
TIANG PANCANG								
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga
	(cm)			(m)		(Rp/1m)	(Rp/m)	(Rp)
Tiang pancang	60		60	21	1260	Rp 142.900,00	Rp 71.482,20	Rp 270.121.572,00
							Jumlah biaya	Rp 665.198.027,74

4.4.5 End Bearing p - y curve 0,9 ultimate

Tabel 4.38 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan *End Bearing* Metode p - y curve 0,9 ultimate

STRUKTUR								
Elemen	Dimensi (cm x cm)			L (meter)	n	Volume (m3)	Harga Satuan (Rp/m3)	Harga
sloof	40	x	60	8	17	32,64	Rp 1.053.425	Rp 34.383.787,10
balok	40	x	60	8	68	130,56	Rp 1.053.425	Rp 137.535.148,42
balok	60	x	90	8	20	86,4	Rp 1.053.425	Rp 91.015.907,04
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp 1.053.425	Rp 132.141.613,18
							Jumlah	Rp 395.076.455,74
TIANG PANCANG								
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga
	(cm)			(m)		(Rp/1m)		(Rp/m)
Tiang pancang	60		38	21	798	Rp 142.900,00	Rp 71.482,20	Rp 171.076.995,60
							Jumlah biaya	Rp 566.153.451,34

4.4.6 Friction p - y curve 0,3 ultimate

Tabel 4.39 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan *Friction* Metode p - y curve 0,3 ultimate

STRUKTUR								
Elemen	Dimensi (cm x cm)			L (meter)	n	Volume (m3)	Harga Satuan (Rp/m3)	Harga
sloof	40	x	60	8	17	32,64	Rp1.053.425	Rp34.383.787,10
balok	40	x	60	8	68	130,56	Rp1.053.425	Rp137.535.148,42
balok	60	x	90	8	20	86,4	Rp1.053.425	Rp91.015.907,04
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp1.053.425	Rp132.141.613,18
							Jumlah	Rp395.076.455,74
TIANG PANCANG								
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga
	(cm)			(m)		(Rp/1m)	(Rp/m)	(Rp)
Tiang pancang	60		172	17,5	3010	Rp142.900,00	Rp71.482,20	Rp645.290.422,00
							Jumlah biaya	Rp1.040.366.877,74

4.4.7 *Friction p-y curve 0,6 ultimate*

Tabel 4.40 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan *Friction* Metode *p-y curve 0,6 ultimate*

STRUKTUR								
Elemen	Dimensi (cm x cm)			L (meter)	n	Volume (m3)	Harga Satuan (Rp/m3)	Harga
sloof	40	x	60	8	17	32,64	Rp1.053.425	Rp34.383.787,10
balok	40	x	60	8	68	130,56	Rp1.053.425	Rp137.535.148,42
balok	60	x	90	8	20	86,4	Rp1.053.425	Rp91.015.907,04
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp1.053.425	Rp132.141.613,18
							Jumlah	Rp395.076.455,74
TIANG PANCANG								
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga
	(cm)			(m)		(Rp/1m)	(Rp/m)	(Rp)
Tiang pancang	60		82	17,5	1435	Rp142.900,00	Rp71.482,20	Rp307.638.457,00
							Jumlah biaya	Rp702.714.912,74

4.4.8 Friction p - y curve 0,9 ultimate

Tabel 4.41 Rencana Anggaran Biaya Struktur Tumpuan *Friction* Metode p - y curve 0,9 ultimate

STRUKTUR								
Elemen	Dimensi (cm x cm)			L (meter)	n	Volume (m3)	Harga Satuan (Rp/m3)	Harga
sloof	40	x	60	8	17	32,64	Rp1.053.425	Rp34.383.787,10
balok	40	x	60	8	68	130,56	Rp1.053.425	Rp137.535.148,42
balok	60	x	90	8	20	86,4	Rp1.053.425	Rp91.015.907,04
kolom	70	x	70	4	64	125,44	Rp1.053.425	Rp132.141.613,18
							Jumlah	Rp395.076.455,74
TIANG PANCANG								
Elemen	dimensi		n	l	jml	Harga	Biaya pemancangan	Harga
	(cm)			(m)		(Rp/1m)	(Rp/m)	(Rp)
Tiang pancang	60		58	17,5	1015	Rp142.900,00	Rp71.482,20	Rp217.597.933,00
							Jumlah biaya	Rp612.674.388,74

Kesimpulan dari hasil perhitungan rencana anggaran biaya dari semua metode yaitu :

1. Perencanaan struktur gedung dan pondasi tiang pancang yang paling hemat menggunakan tiang pancang tumpuan *end bearing* metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate* yang membutuhkan biaya sebesar Rp 566.153.451,34.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

1. Lastiasih, Yudhi, 2004, Study Perencanaan Sistem Struktur Gedung Dengan Pondasi Dangkal Yang Dapat Mengakibatkan Penurunan Konsolidasi Merata, Thesis Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
2. M. Das, Braja. 1985. Mekanika Tanah 1 (prinsip-prinsip rekayasa geoteknis), Jakarta, Erlangga
3. M. Das, Braja. 1990. Principle of Foundation Engineering, Boston, PWS-KENT Publishing Company.
4. Tantri, putu, 2008, Analisa Pemodelan 3 Dimensi Sistem Struktur Gedung Dengan Pondasi Dangkal Di Atas Tanah Lunak Yang Mengakibatkan Penurunan Konsolidasi Merata, Tugas akhir Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
5. Tomlinson, M.J, 1994. Pile Design and Construction Practice, London, E & FN Spon

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Jumlah tiang pada tumpuan *end bearing* yang paling sedikit adalah pada metode *p-y curve* dengan 0,9 *ultimate* dengan jumlah tiang pancang sebanyak 38 tiang. Pada *p-y curve* perletakan dianggap sendi pegas dimana dianggap tidak ada momen yang terjadi pada pondasi karena momen momen tersebut akan ditahan oleh balok sloof sedangkan jumlah tiang pada metode konvensional menerima momen yang mengakibatkan jumlah tiang akan semakin banyak.
2. Jumlah kebutuhan tulangan paling sedikit terdapat pada perhitungan struktur gedung dengan metode konvensional dibandingkan dengan perhitungan dengan metode *p-y curve*. Momen yang terjadi pada metode *p-y curve* lebih besar.
 Lebar retak pada balok paling kecil terjadi pada balok yang memiliki lebih banyak tulangan. Jumlah tulangan yang paling banyak terdapat pada balok dengan metode *p-y curve*. Sedangkan balok pada metode konvensional memiliki jumlah yang cenderung sama.
3. Sama halnya dengan *endbearing*, jumlah tiang pada tumpuan *friction* yang paling sedikit adalah pada metode *p-y curve* dengan 0,9 *ultimate* dengan jumlah tiang pancang sebanyak 58 tiang. Jumlah tiang yang ada pada tumpuan *friction* jauh lebih banyak jika dibandingkan dengan *end bearing*
4. Tulangan pada *friction* lebih banyak jika dibandingkan dengan tulangan pada *endbearing*.
5. Pada saat konvensional, kontrol untuk defleksi balok sudah memenuhi yaitu kurang dari 0,0167 m, tetapi saat menggunakan metode *p-y curve* defleksi pada balok lebih dari 0,0167 sehingga perlu dilakukan perbesaran dimensi

- yaitu menjadi 60 x 90 pada balok balok internal arah melintang bangunan. Pembesaran dimensi ini menambah beban struktur dan menambah jumlah tiang pancang nya.
6. Perencanaan struktur gedung dan pondasi tiang pancang yang paling hemat menggunakan tiang pancang tumpuan *end bearing* metode *p-y curve* dengan P_{ijin} sebesar 0,9 *ultimate* yang membutuhkan biaya sebesar Rp 566.153.451,34.
 7. Semakin dalam ketebalan tanah lunak, maka jumlah tiang pancang yang dibutuhkan akan semakin banyak.

5.2 SARAN

1. Perhitungan tiang pancang sampai kedalaman tanah keras (*end Bearing*) sangat ekonomis jika dibandingkan dengan pemancangan hanya sampai tanah lunak atau medium. Tiang pancang yang pada tanah lunak akan membutuhkan jumlah tiang yang sangat banyak.
2. Tiang pancang pada tanah keras atau *end bearing* dengan metode *p-y curve* dapat menghemat tiang hingga hampir setengah dari tiang pancang dengan metode konvensional. Yang paling efisien dalam metode *p-y curve* adalah dengan 0,6-0,9 *Qult* dengan jumlah minimal 2 tiang.

Table 3.3 : Bor and SPT titik B - 2

Bore No. : B - 2
 Project : GEDUNG SYARIAH TOWER
 Location : KAMPUS B UNAIR SURABAYA

Coordinates of GPS (UTM) X = 0694285
 Y = 9195894
 Diameter of Bore : 73 mm
 Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

Elevation (m LWS)	DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%)				Physical Properties				
							Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Water Content (%)	Dry Density (γ_d) (gr/cm ³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e
	0														
	1		1	Pasir Kelanauan	Abu-abu	0 + 0 - 1 = 1 1,00 - 1,50 m	8,69	57,21	34,11	0,00	29,23	1,567			
	2														
	3														
	4		1	Lanau Kelempungan sedikit Pasir	Abu-abu Hitam	0 + 0 - 1 = 1 4,00 - 4,50 m	5,11	68,07	26,83	0,00	36,72	1,349			
	5														
	6														
	7		1			0 + 0 - 1 = 1 7,00 - 7,50 m	0,00	4,09	54,25	41,66	62,65	0,947			
	8														
	9														
	10		1	Lanau Kepasiran	Abu-abu	0 + 0 - 1 = 1 10,00 - 10,50 m	0,00	5,59	54,81	39,59	61,94	0,974			
	11														
	12														
	13		2	Lanau Kelempungan	Abu-abu	0 + 1 - 1 = 2 13,00 - 13,50 m	0,00	2,64	54,66	42,70	60,29	0,971			
	14														
	15														
	16		13	Lanau Kepasiran	Abu-abu	4 + 6 - 7 = 13 16,00 - 16,50 m	2,50	40,00	43,02	14,48	42,06	1,115			
	17														
	18														
	19		20	Lanau Kelempungan	Abu-abu Hitam	5 + 8 - 12 = 20 19,00 - 19,50 m	0,00	36,05	44,35	19,60	56,60	1,025			
	20														
	21														
	22		35	Pasir Kelanauan	Hitam	9 + 15 - 20 = 35 22,00 - 22,50 m	1,09	79,01	19,90	0,00	39,33	1,356			
	23														
	24														
	25		53			9 + 20 - 33 = 53 25,00 - 25,50 m	0,65	92,30	7,05	0,00	36,74	1,368			
	26														
	27														
	28		51	Lanau Kelempungan	Coklat	10 + 19 - 32 = 51 28,00 - 28,50 m	10,00	69,64	20,37	0,00	20,46	1,786			
	29														
	30														
	31		60			20 + 31 - 29 = 60 31,00 - 31,50 m	0,52	86,07	13,41	0,00	42,93	1,437			
	32														
	33														
	34		36	Lanau Kelempungan	Coklat	9 + 15 - 21 = 36 34,00 - 34,50 m	0,48	90,06	9,46	0,00	28,92	1,505			
	35														
	36														
	37		25			6 + 10 - 15 = 25 37,00 - 37,50 m	32,66	17,90	35,69	13,75	23,38	1,638			
	38														
	39														
	40		28			7 + 11 - 17 = 28 40,00 - 40,50 m	0,00	1,21	56,34	42,45	41,52	1,355			

LAMPIRAN 1

Contoh perhitungan jumlah tiang

Perletakan pada titik 127 dengan gaya yang terjadi pada perletakan untuk setiap kombinasi adalah:

Kombinasi	V	ΣMy	ΣMx
	Kg	Kg.m	Kg.m
1,2D+1,6L+0,5R	589720,4	-189,51	361,07
1,2D+1L+1EX	539196,3	14927,03	4167,62
1,2D+1L+1EY	537360,7	5082,87	13221,16
0,9D+1EX	339188,2	14993,79	4003,31
1,4D	523156,1	-162,15	191,68
1,2D+1,6R+1L	538421	-168,76	286,23
1,2D+1W+L+0,5R	536978,4	-170,3	287,13
1,2D+1L-1EX	539196,3	14927,03	4167,62
1,2D+1L-1EY	537360,7	5082,87	13221,16
0,9D+1W	336314,6	-104,24	123,22
0,9D-1EX	339188,2	14993,79	4003,31
0,9D-1EY	337352,6	5149,63	13056,85
0,9D+1EY	337352,6	5149,63	13056,85

Kontrol daya dukung:

$$P_{\max} < Q_{ult} \times C_e$$

Dimana: P_{\max} = gaya maksimum yang terjadi pada perletakan

Q_{ult} = Daya dukung tanah terhadap tiang

C_e = Efisiensi Tiang

$$P_{\max} = \frac{1}{n} \pm \frac{\Sigma My \cdot X_{\max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{\Sigma Mx \cdot Y_{\max}}{\Sigma y^2}$$

Kontrol Bahan:

$$P_{\text{allow}} > Q_{\text{ult}}$$

P_{allow} didapatkan dari brosur spesifikasi dari tiang pancang PT. WIKA.

Tiang pancang yang dipakai adalah tiang berdiameter 60 cm kelas A1 dengan P_{allow} mencapai 252,7 ton.

Maka, $P_{\text{allow}} > Q_{\text{ult}} = 252,7 \text{ ton} > 66,223 \text{ (OK)}$

Kontrol Horizontal

Beton K350

$$f'_c = 29,05 \text{ Mpa}$$

$$E = 4700 \sqrt{f'_c} \\ = 25332,08 \text{ Mpa} = 253320,8 \text{ Kg/cm}^2$$

$$D = 60 \text{ cm}$$

$$I_n = \frac{1}{64} \pi \cdot (D_2^4 - D_1^4)$$

$$= 329376,4 \text{ cm}^4$$

Tabel 2.1 Korelasi N-SPT dan Konsistensi Tanah (untuk tanah dominan lanau dan lempung)

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q_c (dari Sondir)	
	kPa	ton/m ²		kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000 – 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.0	5 – 10	20 – 40	2000 – 4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10 – 20	20 – 40	75 – 150	7500 – 15000
Keras (hard)	>200	>20	>40	>150	>15000

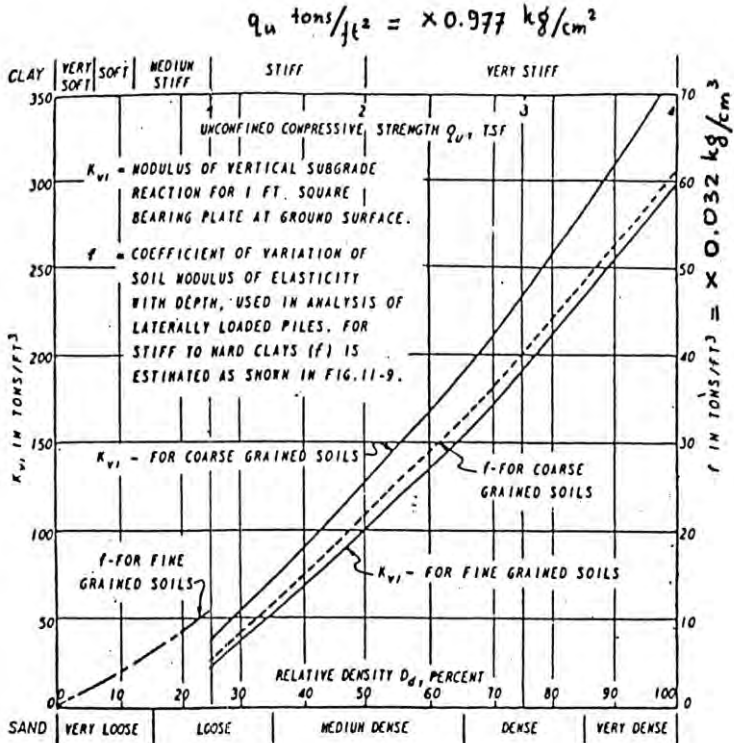
(Sumber : Mochtar,2006; revised,2012)

Berdasarkan tabel diatas diketahui;

$$C_u = 0,05 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q = 2 \times C_u = 0,1 \text{ Kg/cm}^2$$

Dicari harga f dengan menggunakan grafik dibawah ini;

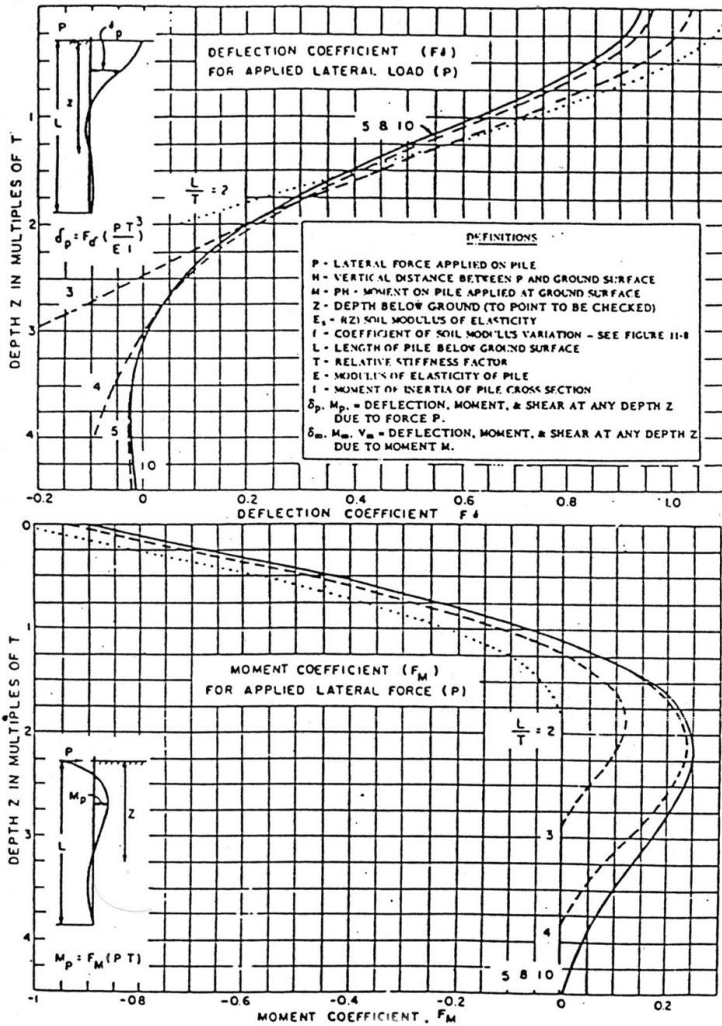


Harga $f = 0,064$

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{f}} = 264,872 \text{ cm} = 2,6487 \text{ m}$$

$$L = 21 \text{ meter}$$

$$L/T = 7,9283$$



LAMPIRAN 2

Contoh perhitungan Konsolidasi

Contoh perhitungan yang diambil adalah perletakan pada titik 127

Distribusi Tegangan:

Dengan Q yang terjadi adalah 8,76 t/m

Panjang dan lebar pilecab adalah 10,2 x 6,6 meter

Kedalaman yang diambil adalah sampai tanah medium yaitu 17,5 meter

Rumus untuk menentukan distribusi tegangan adalah

$$\Delta\sigma' = I \times Q$$

Dan I adalah;

$$I = \frac{(B \times L)}{(B \times z) \times (L \times z)}$$

Dimana:

B = lebar poer

L = Panjang Poer

Z = kedalaman

Maka dimasukkan kedalam perhitungan;

Kedalaman	z	I	$\Delta\sigma'$
m	m		t/m ²
11 - 12	0,5	0,89	7,76
12 - 13	1,5	0,71	6,22
13-14	2,5	0,58	5,10
14-15	3,5	0,49	4,26
15-16	4,5	0,41	3,61

16-17	5,5	0,35	3,10
17-18	6,5	0,31	2,70

Konsolidasi

Pada kedalaman 11 sampai 12 m memiliki;

$$C_c = 0,68$$

$$C_s = 0,136$$

$$\gamma = 1,577 \text{ t/m}^2$$

$$e_o = 0,876$$

$$\sigma'_o = 3,59$$

$$\Delta\sigma' = 7,76$$

$$P_{\text{fluktuasi}} = 2 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma'_c = \sigma'_o + P_{\text{fluktuasi}}$$

$$= 5,59 \text{ t/m}^2$$

$$\text{OCR} = \frac{\sigma'_o}{\sigma'_c} = 1,557 > 1, \text{ maka } \textit{over consolidated}$$

Dan dipakai rumus;

$$S_c = \frac{C_s x H}{1 + e_o} \text{Log} \left(\frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right) + \frac{C_c x H}{1 + e_o} \text{Log} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_c} \right)$$

Dimana :

H = Tebal lapisan lempung

e_o = Angka pori (*Initial void ratio*)

C_c = Indeks kompresi (*Compression index*)

C_s = Indeks mengembang (*Swelling index*)

$\Delta\sigma$ = Besarnya tegangan akibat pembebanan di muka tanah

σ'_o = Tegangan overburden efektif (*effective overburden pressure*)

σ'_c = Tegangan prakonsolidasi efektif (*effective praconsolidation pressure*)

[illegible]

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Duri, sebuah Kota kecil di provinsi Riau, pada tanggal 14 Juli 1993 dengan nama lengkap Bobby Kurniawan. Penulis merupakan anak kedua dan dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri 7 Mandau, SMP Swasta Cendana Duri, SMA swasta Cendana Duri. Penulis diterima di jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya melalui jalur kemandirian pada tahun 2011 dengan NRP 3111100130.

Selama masa perkuliahan penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS) dan mengikuti UKM Badminton ITS. Penulis pernah mengikuti kegiatan Pekan Keilmiah Mahasiswa (PKM) dan berbagai kegiatan lomba lainnya. Penulis sangat bangga akan daerah asalnya Duri dan berharap bisa berkontribusi langsung bagi daerahnya. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi, memberikan saran dan kritik tentang Tugas Akhir ini dapat disampaikan melalui email

bobbykurniawan147@gmail.com